

「竜巻等突風に関する情報の改善について（提言）」

竜巻等突風予測情報改善検討会

平成 24 年 7 月

目 次

はじめに	1
第一部 現状分析	3
1. 竜巻等突風予測情報の現状	4
(1) 予測情報の種類	4
(2) 「竜巻注意情報」の予測精度	5
2. 竜巻等突風予測情報の伝達の現状	7
3. 竜巻等突風予測情報の利活用に関する普及啓発の現状	9
4. 住民・事業者等の情報利活用の現状	10
(1) 住民訪問調査から	10
(2) 住民ネットアンケートから	12
(3) 事業者訪問調査から	15
5. 竜巻等突風現象の監視・予測技術の現状	18
(1) 竜巻等突風現象の特徴と実態把握の現状	18
(2) 「竜巻注意情報」発表に関わる技術開発の経過	20
(3) ドップラーレーダー観測網の現状	22
(4) 数値予報モデルの利用の現状	22
(5) 観測的研究の現状：二重偏波ドップラーレーダーで捉えた 竜巻の渦	23
(6) 予測的研究の現状：数値シミュレーションによる竜巻の再現	24
6. 「竜巻注意情報」の課題	25
(1) 発表区域の細分化に関わる課題	25
(2) より激しい現象を対象とする「竜巻注意情報」の発表に 関わる課題	26
7. 米国における竜巻等のシビア現象への対策の現状（米国 調査団の調査結果）	26

第二部 竜巻等突風に関する情報の改善に向けた提言	28
1. 竜巻等突風予測情報の発表、伝達のあり方	29
(1) 発達した積乱雲に伴う現象全般に対する 注意喚起と情報体系の改善	29
(2) 段階的に発表される情報の有効活用とナウキャストの普及	29
(3) 迅速、多様な情報伝達手段の確保	30
2. 竜巻の実態把握の強化	31
(1) 目撃情報の活用可能性の検討	31
(2) 竜巻の強さの評定に関する改善	34
3. 住民への利活用推進策	34
(1) 周知啓発用資料の作成	35
(2) 関係機関との連携	38
4. 予測精度向上のための調査研究と技術開発の推進	38
(1) 短期的課題	38
(2) 中長期的課題	42
おわりに	45
別添資料1 「竜巻注意情報」の発表区域細分化に関する調査	47
別添資料2 より激しい現象と対象とする「竜巻注意情報」 の調査	52
用語集	55

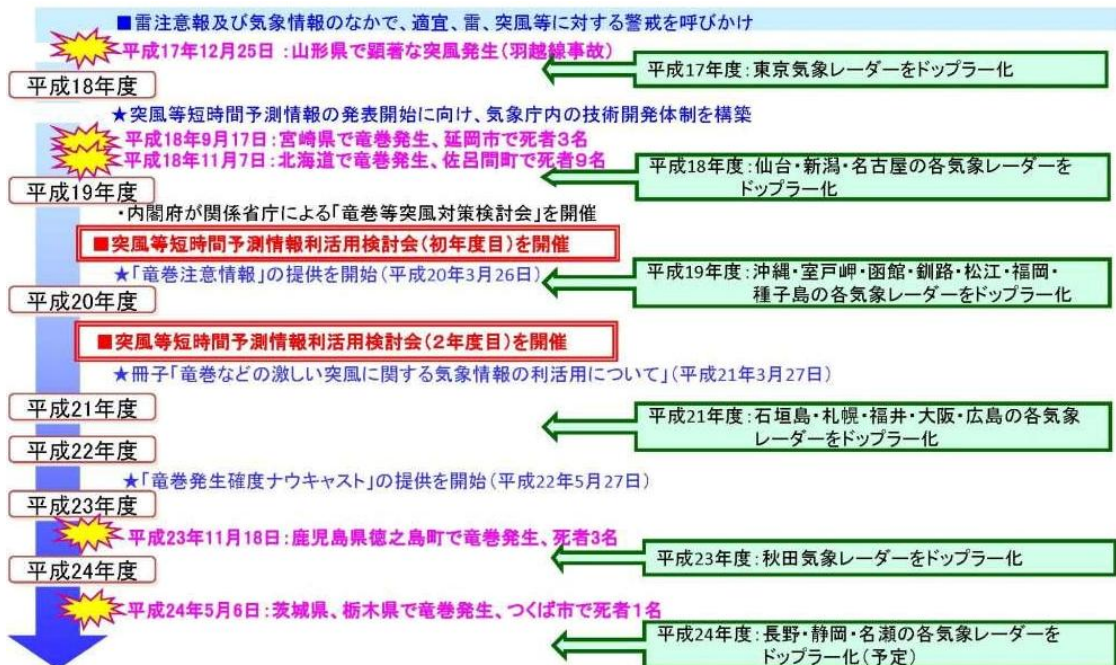
はじめに

平成24年5月6日、茨城県、栃木県、福島県で複数の竜巻が発生し、大きな被害をもたらした。今回の竜巻災害により犠牲となられた方のご冥福をお祈りし、被災された皆さまへ心からお見舞い申し上げます。

気象庁では、前日夕方や当日朝から各県域に対して「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」を段階的に発表し竜巻等の激しい突風に対する警戒を呼びかけるとともに(付録4参照)、「竜巻発生確度ナウキャスト」を10分毎に更新し、竜巻の可能性が高い地域を10kmメッシュの分布図で発表していた。

気象庁は、平成17年の突風による羽越線脱線事故や、平成18年の宮崎県延岡市、北海道佐呂間町の竜巻災害を契機に、気象ドップラーレーダーの整備をはじめ竜巻などの激しい突風に関する予測情報の実現に向けた技術開発を加速するとともに、平成19年度と平成20年度に有識者による「突風等短時間予測情報利活用検討会」を開催して新しい予測情報のあり方について検討を行った。

平成20年に発表を開始した「竜巻注意情報」と、平成22年に発表を開始した「竜巻発生確度ナウキャスト」は、こうした取り組みで実現した新しい情報である(第1図)。



第1図 気象庁における竜巻等突風に関する気象情報改善の取り組み

しかし、竜巻などの激しい突風は極めて小規模で発現時間も短い現象であるため、これを直接監視・予測することは最新の科学技術をもってしても難しく、現在も研究途上にある。「竜巻注意情報」や「竜巻発生確度ナウキャスト」は、突風発生の可能性が通常よりも極めて高い気象状況であることを最新の気象学の知見に基づいて伝えることで突風被害の防止・軽減に資することを目的としているが、その予測精度は必ずしも高いとは言えない。

このため、例えば、地方自治体等ではその取り扱いに苦慮しており、「竜巻注意情報」等が発表されてもこれが住民に十分伝わらない、あるいは、情報を受け取ってもどのように行動すれば良いか判らないといった課題が、今回の竜巻災害を通じて明らかとなった。

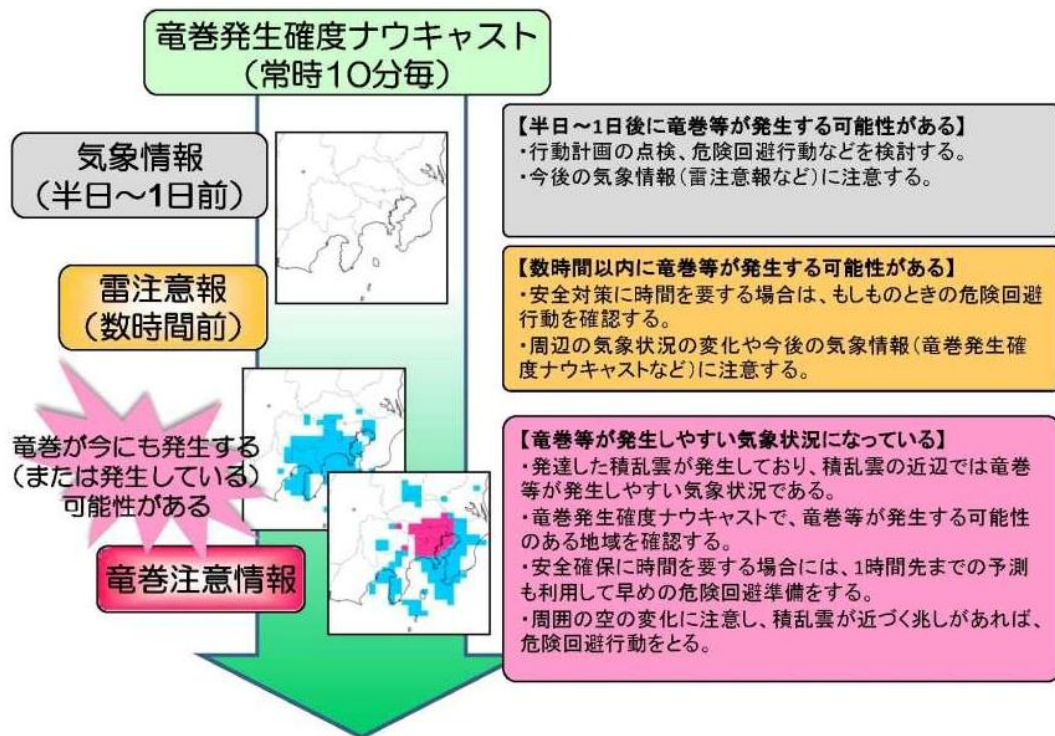
こうしたことから気象庁は、学識経験者、関係自治体、報道機関等で構成される「竜巻等突風予測情報改善検討会」を開催して、突風に関する予測情報の現状並びに住民への伝達と利活用における課題等を整理し、今後の情報の改善に向けた検討を行った。この報告書は、竜巻等の突風に対する監視・予測技術の高度化の可能性及び中長期的な開発の方向性に指針を示すとともに、竜巻等突風予測情報の発表、伝達のあり方及び住民への利活用推進策等について提言するものである。

第一部 現状分析

1. 竜巻等突風予測情報の現状

(1) 竜巻等突風予測情報とその利用

各地の気象台等では、竜巻等突風の発生しやすい気象状態が担当予報区（概ね県の区域等）に予想される場合には、半日から一日程度前に「〇〇県気象情報」等を発表し、竜巻等突風の発生する可能性があることを呼びかけている。また、数時間前には「雷注意報」を発表して落雷やひょうのほか竜巻等突風の可能性にも言及して注意を呼びかけている。さらに、0～1時間前になると「竜巻注意情報」を発表して、今まさに竜巻等突風が発生しやすい気象状況になっていることを呼びかけている。このように、時間経過および竜巻等突風の発生可能性の高まりに応じて段階的に情報が発表されている（第2図）。



第2図 竜巻等突風予測情報とその利用

一方、「竜巻発生確度ナウキャスト」は竜巻等突風の可能性が高い場所を10km四方の区域ごとに示し、1時間先までの変化予測と合わせて常時10分毎に更新している。「竜巻発生確度ナウキャスト」で「発生確度2」が現れたとき、気象台等は当該担当予報区に「竜巻注意情報」を発表している。「発生確度」は竜巻が今にも発生する、または発生している可能性の程度を表し、「発生確度2」は

適中率 5～10%程度で捕捉率 20～30%程度、「発生確度 1」は適中率 1～5%程度で捕捉率 60～70%程度となるよう設計されている。予測の不確定性のため、適中率と捕捉率はトレードオフの関係にあるが、「発生確度 2」は相対的に適中率が高めで捕捉率が低くなっており、一方「発生確度 1」は捕捉率が高い代わりに適中率は低めになっている。なお、発生確度 1 や 2 が現れていなくても竜巻等突風が発生することがあり得るので留意が必要である。

(2) 「竜巻注意情報」の予測精度

「竜巻注意情報」の運用開始（平成 20 年 3 月 26 日）から平成 24 年 5 月 10 日までの「竜巻注意情報」の精度を第 1 表に示す。突風災害の発生数が少なく、年々の変動も大きいことから、年ごとの評価には留意が必要である。この 4 年あまりを通してみると、適中率は 4%程度で、これは運用開始前に想定された値とほぼ同程度である。一方、捕捉率は 20%から 30%程度であり、これも運用開始前に想定された捕捉率とほぼ同程度である。ただし、フジタスケール F1 以上の突風に限定してみるとおよそ 5 割程度の捕捉率となる。また、最大瞬間風速 20m/s 以上の観測も突風事例に含めて評価すると、適中率は 30%程度になる。なお、実際に突風が発生していても被害がない等のため事実を確認できない場合があり得ることに留意が必要である。

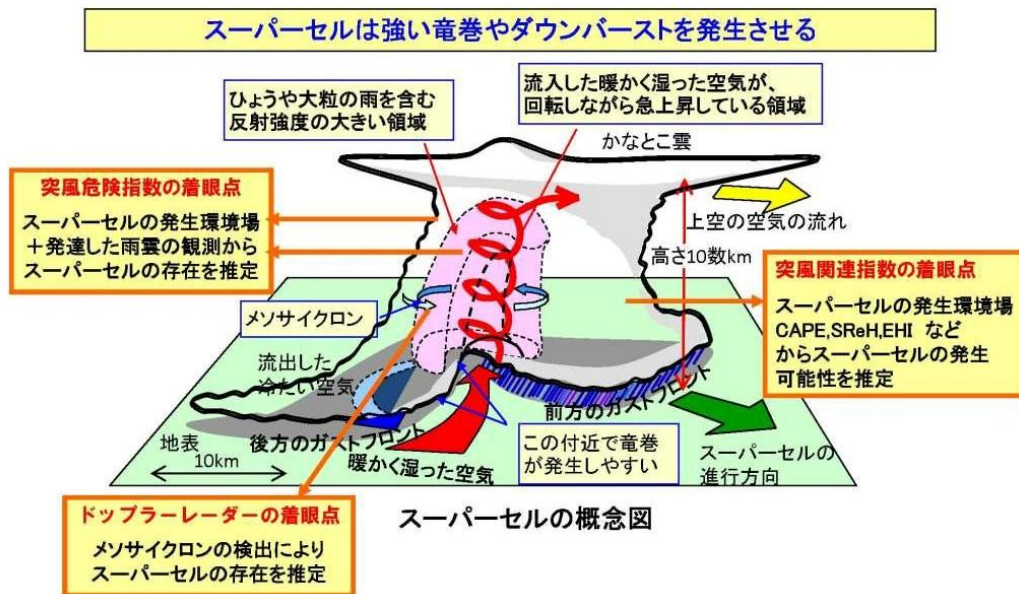
第 1 表 竜巻注意情報の精度

	2008年 3月26日～	2009年	2010年	2011年	2012年 ～6月30日	合計
適中率	9%	5%	5%	1%	2%	4%
最大瞬間風速20m/s 以上を含む適中率	(22%)	(31%)	(28%)	(19%)	(39%)	(34%)
捕捉率	24%	21%	34%	21%	27%	26%
[F1以上の捕捉率]	[31%]	[67%]	[67%]	[20%]	[100%]	[47%]
発表数	172	128	490	589	133	1512
突風回数	70	34	67	39	11	221
[F1以上の突風回数]	[13]	[6]	[6]	[5]	[2]	[32]

○適中率：竜巻注意情報の発表数のうち、有効期間内に突風（竜巻、ダウンバースト、ガストフロント）の発生があった発表の数の割合。

○最大瞬間風速20m/s以上を含む適中率：突風もしくはアメダスの最大瞬間風速20m/s以上のいずれかを対象県内で記録した場合を適中とみなし、その割合を示す。

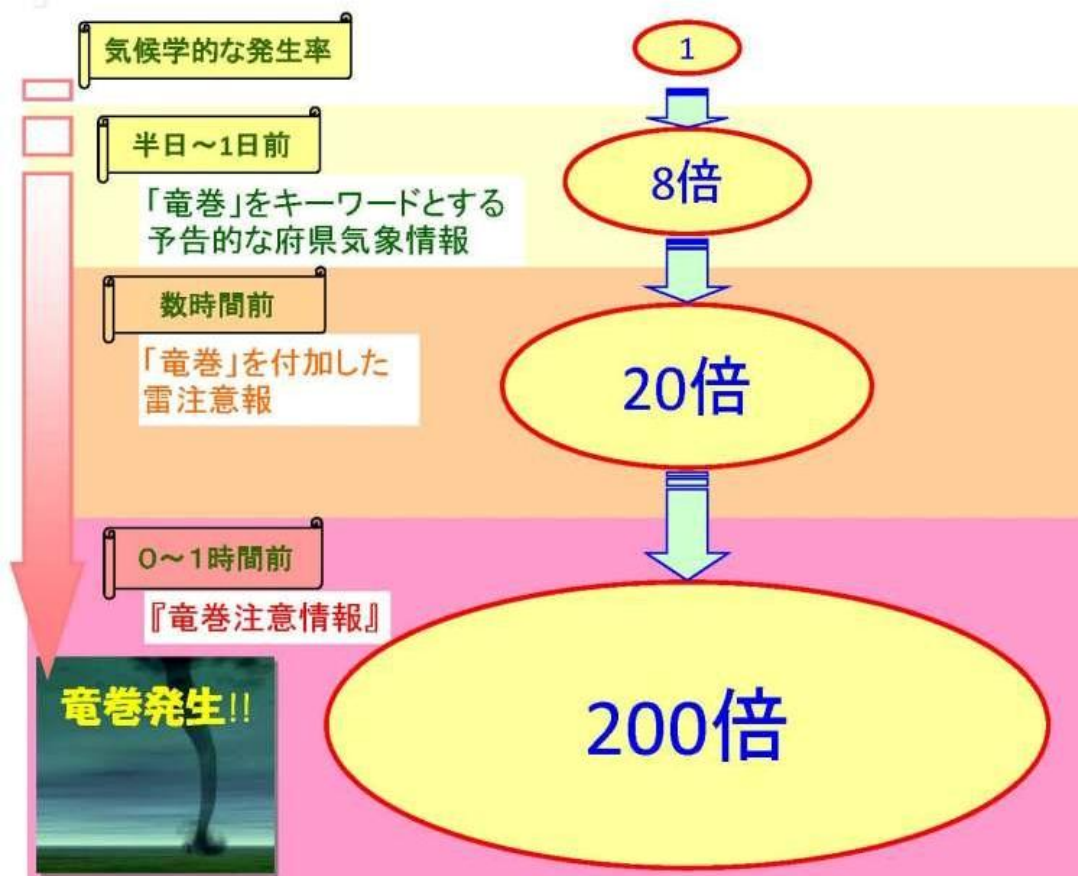
○捕捉率：実際に発生した突風回数のうち、竜巻注意情報が予測できた突風の数の割合。



第3図 スーパーセルの概念図

「竜巻注意情報」は、竜巻等突風がスーパーセルという特殊な積乱雲によって引き起こされる場合その可能性をある程度予測できるという考え方に立って、スーパーセルが発生しやすい気象条件（大気不安定、環境風の高度方向への変化の仕方（鉛直シア））の予測や、スーパーセルの特徴であるメソサイクロンと呼ばれる雲内の回転気流の検出などを根拠に発表している（第3図、第8図）。しかし、スーパーセルの発生を捉えたとしても、スーパーセルから竜巻発生に至るのは5回に1回程度（米国での調査）と言われている一方、スーパーセルではない積乱雲から竜巻が発生することもあり、竜巻発生の仕組みが十分解明されていない現状がある。また、スーパーセルの発生とほぼ同時に竜巻が発生する場合など、「竜巻注意情報」を発表しても結果的に間に合わないこともある。上記のような現象の特徴が「竜巻注意情報」の予測精度に影響している。

一方、「竜巻注意情報」が発表されるようなときは、大気の状態が非常に不安定で、スーパーセルが発生しやすい気象条件が整っており、通常に比べて竜巻等が発生しやすい気象状況であることに違いはない。第4図は、竜巻等突風が発生する可能性の高まりを模式的に示している。気候学的な突風の発生確率を1とした場合、突風の可能性に言及した「雷注意報」が発表されているときは約20倍、「竜巻注意情報」が発表されているときは約200倍、突風が起こる可能性が高まっていると言える。

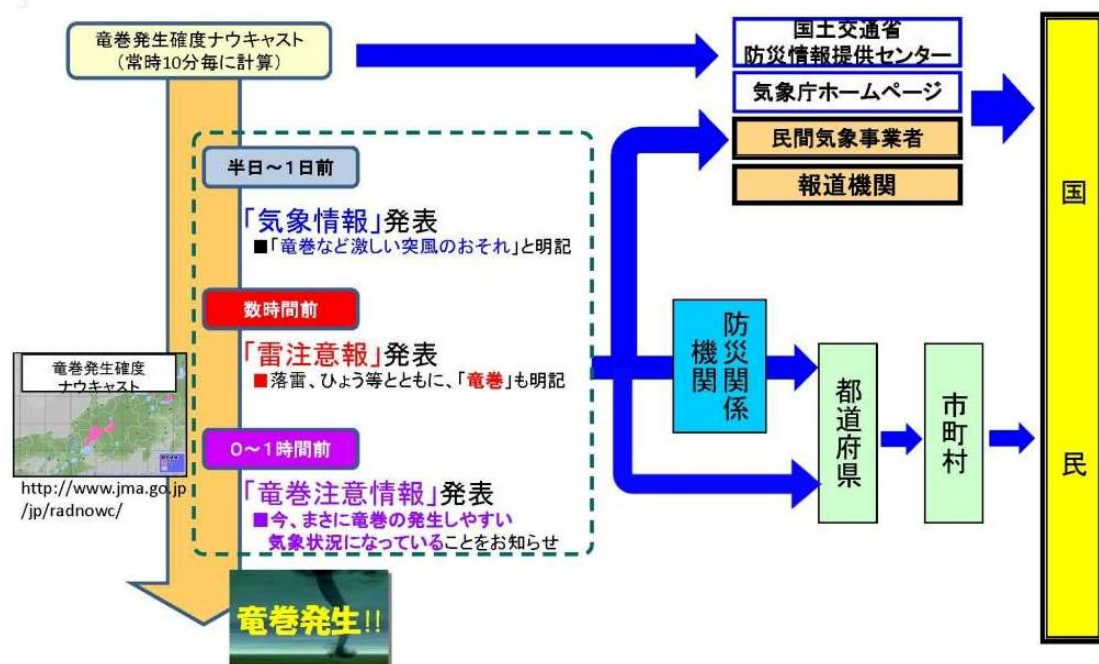


第4図 竜巻等突風予測情報が発表された時に突風発生の可能性が高いことを示す模式図。2008年3月26日～2012年5月6日に発表された全国の「府県気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」について、府県予報区ごとに単位時間あたりの竜巻等突風発生数を算出して比較した。楕円中の数字は、平常時に比べて竜巻等突風発生の可能性が何倍高いかを示す。竜巻に関する記述を付加した「雷注意報」が発表された時は平常時に比べて約20倍、「竜巻注意情報」が発表された時は平常時に比べて約200倍、竜巻等突風が発生する可能性が高い。

2. 竜巻等突風予測情報の伝達の現状

「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」は、気象警報と同様に気象台から都道府県へ、都道府県から市町村へ伝達されている。このうち「雷注意報」と「竜巻注意情報」は全国瞬時警報システム（J-Alert）によっても各自治体へ伝達されている。情報を受けた自治体は必要に応じて、防災行政無線や防災メール等で住民に知らせることができる。

また、「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」は、気象警報と同様に報道機関や民間気象事業者にも配信されており、テレビ・ラジオでの速報やニュース、天気予報などで視聴者に伝わるほか、民間気象事業者等が提供するメール配信サービスやホームページ等で利用者に知らせることができる。



第5図 竜巻等突風に関する情報の流れ

「竜巻発生確度ナウキャスト」は、民間気象事業者等に常時配信されており、利用者はメール配信サービスやホームページ等を通じて随時入手できる。

「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」、「竜巻発生確度ナウキャスト」は気象庁ホームページや国土交通省防災情報提供センターの携帯端末用ホームページからも入手可能である（第5図）。

しかしながら、竜巻などの激しい突風はその発生が稀な上に、極めて小規模で発現時間も短いため、一人ひとりがこれに遭遇する可能性は極めて小さい。その一方で、「竜巻注意情報」は県域程度の広域を対象に発表され、しかも精度が十分でない。これらのことから、情報を受け取ってもどのように行動すれば良いか判らない、あるいは情報を伝達・利用することの有効性が見出し難いといった課題が指摘されている。このため、防災行政無線やテレビ・ラジオでの「竜巻注意情報」の伝達については、一部の機関で積極的に実施されているものの、その他の機関では躊躇や戸惑いが見られる実態がある。

3. 竜巻等突風予測情報の利活用に関する普及啓発の現状

このように適中率が低く、空振りが多い特性を持つ「竜巻注意情報」の利用法としては、情報を入手したら、まず空の様子に注意し、発達した積乱雲が接近する兆候を認知した場合に最終的な判断と安全確保行動をとることが現実的である。安全確保の行動をとるのに時間を要しない環境では、空の様子に変化がなければ、具体的な安全確保行動をとる必要はない。しかし、人が大勢集まる屋外行事や屋外テントを使用したイベント、子供あるいは高齢者を含む屋外活動、高所、クレーン、足場での作業等、安全確保に時間を要する場合には、1時間先までの予測も利用して早めに危険回避の準備もしくは避難の開始をすることが望ましい。一方、「竜巻注意情報」は捕捉率も高くないことから、「竜巻注意情報」に先行して発表され比較的捕捉率が高く竜巻等突風の発生を見逃すことが少ない「雷注意報」と合わせて、それぞれの情報のリードタイムと精度を踏まえて利用することが望まれる。

気象庁は、「竜巻注意情報」および「竜巻発生確度ナウキャスト」の運用開始に合わせて、これらの効果的な利用法や利用上の留意点等を示した解説書「竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について」（初版：平成 21 年 3 月、改訂版：平成 22 年 3 月）を作成し、公表している。その内容等については平成 20 年度「突風等短時間予測情報利活用検討会」での検討・議論を反映したものとなっている。この解説書は、情報の運用開始後速やかにかつ適切に利用者に利活用頂けるよう、主に情報を利用する事業者や情報の伝達・提供に携わる報道機関・民間気象事業者等を対象に作成したものであるが、一般の利用者が見ても分かり易いように記述されている。

また、気象庁は「竜巻から身を守る（竜巻注意情報）」や「竜巻・雷・強い雨（ナウキャストの利用と防災）」などのパンフレットを作成し、その中で、

- ・「竜巻注意情報」が発表されたときは、空の様子に注意し、積乱雲が近づく兆しを感じたら、ただちに身の安全を確保すること、
- ・空が急に暗くなる、雷が鳴る、大粒の雨やひょうが降り出す、冷たい風が吹き出すなど、積乱雲が近づく兆しがある場合には、頑丈な建物の中に入るなど、できるだけ安全な場所に移動すること、

といった、「竜巻注意情報」の利用法等についても記述している。各地の気象台

等では、これらのパンフレットを活用して、防災講演会、气象台見学会、出前講座等の機会を捉えて周知啓発を行っている。

しかしながら、気象庁が平成 21 年度に実施した「新しい気象情報の利活用状況等に関するアンケート調査」によると、竜巻等突風に関する情報の必要性を認める方が 9 割近くに達する一方、「竜巻注意情報」を知っている方は 4 割程度に止まり、必要性を感じている割には「竜巻注意情報」の存在を知らない人が多いという課題が明らかになっている。また、「竜巻注意情報」が発表されたとき「不要な外出はしない」「空に異変を感じたら屋内に入る」など、8 割以上の方が何らかの対応をとると答えているが、その中でも「不要な外出をしない」など具体的な安全確保行動を指向する方が 4 割近くに達するという結果も出ている。

なお、平成 21 年度の交通政策審議会気象分科会では、前年夏に都賀川（神戸市）や呑川（東京都大田区）、下水道管渠（東京都豊島区）で相次いで発生した突然の雨による急な増水による事故を踏まえ、「局地的な大雨による被害の軽減に向けた気象業務のあり方について」（報告書）をとりまとめている。そこには、自ら危険を回避できるよう安全知識の普及啓発の強化、必要な時に必要な情報が得られるよう情報入手手段の拡大と活用促進、気象観測・予測システムの高度化や気象情報の改善等の対処の方向性が示されている。発達した積乱雲に伴う現象として、竜巻等の激しい突風に対する対策は、局地的な大雨への対策と共通・類似した点も多くあることから、竜巻等突風予測情報の利活用について周知啓発を進める上で上記の報告書も参考になると考えられる。

4. 住民・事業者等の情報利活用の現状

（1）住民訪問調査から

○目的と実施方法

気象庁は内閣府（防災担当）、消防庁、文部科学省（防災科学技術研究所）と合同で、竜巻被災地での住民聞き取り調査を実施した。栃木県真岡市、益子町、茂木町（平成 24 年 6 月 4 日実施）、茨城県つくば市（平成 24 年 6 月 12 日実施）において、各縣市町の協力を得て住民と面談し、「竜巻注意情報」等の利用状況や被災前後の行動などについて聞き取りを行った。両県合わせて 42 名の住民から話を聞いた。面談対象者は比較的高齢の方が多かった。

○調査結果

竜巻発生前に、竜巻に関する何らかの情報を得ていたかどうかについては、「竜巻注意情報を覚知した」人は9名、「朝のニュースや天気予報などで雷や竜巻などの激しい突風のおそれがあると聞いた」人は18名であった。

竜巻到達前の行動については、「雷が鳴ったので、農作業をやめて帰宅した」、「大粒の雨が降ってきたので、サッシを閉めた」、「雨戸を閉めた」、「雷の音があったので、(雷サージに備えて) テレビを切った」「雷が鳴り、ひょうが降ってきたので車の中に避難した」など、空模様を見て安全確保のために何らかの対応行動をとった人がいた。また、「天気予報で天気が悪くなると聞いていたので当日の農作業を中止した」、「朝のニュースで、午後に竜巻と雷が起きやすいと聞いたので、午前中に農作業を終わらせた」など、事前の情報で行動をとった人もいた。

一方、「天気の様子がおかしかったので、数百メートル離れた場所にあるビニールハウスの様子を車で見に行った」など、竜巻等突風災害に備えるという観点では必ずしも適切とは言えない行動をとった人もいた。また、「ずっとテレビを点けていたが、竜巻注意情報に気がつかなかった」、「天気予報で竜巻が出やすい天気と聞いていたが、まさか(竜巻が)来るとは思わなかった」、「ゴーという音とともに窓から竜巻が見えた。自分の方に来るかもしれないと思ったがそのまま窓から見ていた」、「竜巻が見えたがまさか自分のうちに来るとは思わず窓ガラスを押さえていて、手に怪我をした」など、身の安全を図る行動がとれなかった人もいた。

「竜巻注意情報」は精度が低くても発表した方が良いかどうかについては、「竜巻注意情報は精度が低くてもあった方が良い」という人は39名で、「なくて良い」という人はいなかった(無回答3名)。

「竜巻注意情報」をどのような手段で入手できると良いか聞いたところ(複数回答可)、「テレビ、ラジオ、ケーブルテレビ、ワンセグ」などとする人が27名、「防災行政無線」という人が18名、「携帯メール」(登録制の防災メール、エリアメール等)という人が17名であった。その他、「仕事中はテレビを見られない」、「屋外作業中は携帯電話を持ち歩かない」、「防災行政無線は屋内では聞き取り難い」、「雷のときは(雷サージに備えて)テレビのコンセントを抜くので使えない」などの発言があり、利用可能な伝達手段は受け手の居場所や状況によって異なることが示された。また、「竜巻注意情報」に限らず防災情報の

入手に利用している手段については、「携帯電話へのニュース配信サービスで竜巻注意情報も入る」、「学校の安全安心メールには登録している」、「車に乗っていればラジオを聴く」、「普段から防災行政無線は気にしている。外に出て聞き取るようにしている」など、利用可能な手段を積極的に活用している人もいた。

「竜巻注意情報」を今後見聞きしたら何か対応行動をとると思うかについては、「家族や知人に知らせる」、「洗濯物を干すのをやめる」といった行動の他、「外出を控える」、「頑丈な建物に入る」、「雨戸を閉める」などの具体的な安全確保行動をとるとの発言があった。一方、「県単位での情報では行動が難しい」、「突然ではどうしたら良いかわからない」といった発言もあった。

○調査結果の分析

「竜巻注意情報」を受けた時にとるべき行動について、情報の精度や限界などの特性と合わせて、気象状況や受け手の状況に応じた具体例を示して周知啓発を行う必要性が示唆される。

また、住民の居場所や状況に応じた「竜巻注意情報」の多様な伝達手段を確保することの必要性が示唆された。これについては、自治体、報道機関、民間気象会社等のより一層の協力が必要と考えられる。

さらに、予測情報の精度向上や、受け手の立場に立った分かりやすく使いやすい情報への改善が求められていると受け止めるべきである。

(2) 住民ネットアンケートから

○目的と実施方法

竜巻等突風に関する情報の認知度や利活用状況等を把握するため、静岡大学防災総合センターと気象庁は共同で、竜巻被害が発生した地域の住民を対象に、インターネットを通じたアンケート調査を実施した。比較対象として被害が発生しなかった地域の住民にも同様の調査を実施することとし、次の4地域を対象とした。

- ・エリア A (竜巻の被災地)：茨城県つくば市、常総市、常陸大宮市、筑西市、桜川市、栃木県真岡市、益子町、茂木町
- ・エリア B (被災県の県庁所在地)：茨城県水戸市、栃木県宇都宮市
- ・エリア C (非被災地)：新潟県新潟市

- ・エリア D (非被災地) : 高知県高知市、南国市、安芸市、土佐市、
香南市、香美市、いの町

このうち、新潟県と高知県は竜巻発生回数が多いが人的被害のない県であることから比較対象として選択した。1991 年以降の竜巻発生回数は高知県が 20 個で人的被害のない県では最多、新潟県が 16 個で人的被害のない県で二番目に多かった。

平成 24 年 6 月 20 日から約一週間調査を実施し、1162 件の回答を得た。エリア別の回答数は次の通りである。

- ・エリア A (つくば市他) : 262 件
- ・エリア B (宇都宮市、水戸市) : 325 件
- ・エリア C (新潟市) : 343 件
- ・エリア D (高知市他) : 232 件

回答者の属性としては、30 代～50 代の年齢層が全体の約四分の三を占めている。

○調査結果

竜巻などの激しい突風の平均的な発生回数を実際よりも過少に認知している回答者が 5 割以上いる。被災地ではより過少に認知している傾向が見られる。

「竜巻注意情報」(「竜巻注意報」と誤認している場合を含む) が発表されることを認知している回答者が 5 割あり、名称の理解が曖昧な回答者を含めれば 8 割前後の認知率がある。また、「竜巻注意情報」が発表されても実際に竜巻が発生するのは数十回に一度程度であるという点を説明した上でも、6 割以上が「竜巻注意情報は役に立つ」と回答している。ただし強い支持は 2 割程度に止まっている。さらに、7 割以上の回答者が「竜巻注意情報」の「解除」を発表した方がよいと回答し、8 割前後の回答者がもっと細かな地域単位で発表した方がよいと回答している。これら「竜巻注意情報」に対する認識、「解除」に対する意見、地域単位の細分化については、調査地域による回答傾向に明瞭な差異は見られない。

「竜巻注意情報」の情報源としての利用意向はテレビが6～7割を占め最も高く、2番目はインターネットや携帯電話となっている。ただし、被災地ではテレビの利用意向がやや低い傾向が見られる。

「雷注意報」で竜巻に注意を向ける回答者は半数程度であるが、被災地ではやや多い傾向が見られる。

「竜巻発生確度ナウキャスト」が発表されていることを前置きした上でも、これを見るという回答者は3割程度に止まり、このうち積極的に見るという回答者は数パーセントに過ぎない。このことから、「竜巻注意情報」を覚知して「竜巻発生確度ナウキャスト」を見るという反応はあまり期待できないことが窺える。また、行政機関や気象情報サイトなどが配信する登録制の防災メールに対する利用意向は回答者の4割強であり、このうち積極的に利用するとした回答者は1割以下である。一方、「竜巻注意情報」をエリアメール等で配信することについては、現状はごく限定的な情報のみが配信されているという点を説明した上でも、6割前後の回答者が配信した方がよいと回答しており、登録型防災メールより利用意向が高い。ただし、エリアメール等での配信に強い支持を示した回答者は2割以下となっている。これら「竜巻発生確度ナウキャスト」の利用意向、登録制防災メールの利用意向、エリアメール等での「竜巻注意情報」の配信については、地域による回答傾向に明瞭な差異は見られない。

「竜巻注意情報」が発表された際の対応行動を実行するかどうか聞いたところ、「実行する可能性がある」まで含めると、挙げた対応行動（空模様に注意する、気象情報を集める、外出を控える、雨戸やカーテンなどを閉める、屋内に移動するなど）に6～7割の回答者が対応意向を示した。ただし一般に、平時の意向と災害時の実際の行動には乖離があることに留意する必要がある。

対応行動はおおむね被災地の方が積極的な傾向（「確実に実行する」「実行する可能性がある」が多い）が見られる。このことから逆に、被災経験から時間が経過すると対応行動が消極的になる可能性があることを示唆している。

「竜巻警報」という語から受ける印象を聞いたところ、「竜巻注意情報」よりも積極的な対応行動をとる傾向（「確実に実行する」「実行する可能性がある」が多い）が見られる。これは、現状の「竜巻注意情報」を精度向上なしに名称のみ「警報」に変更すると、過剰な対応を喚起する可能性があることを示唆している。

(3) 事業者訪問調査から

気象庁は、竜巻等突風予測情報の利活用状況や突風対策の現状、情報の改善要望等を調査するため、関係事業団体等に聞き取りを行った。主な聞き取り内容は次のとおり。

【屋外イベント関連（エア遊具）】（1団体）

※エア遊具とは、空気で膨らませて子供が中で遊んだりする器具。催事場やレジャー施設で見かける。屋外では風の影響を受けやすいため、設置運営者は安全管理に気を配っている。

○突風対策の現状

- ・エア遊具設置に関する基準（安全運営の10ヶ条）が設けられている。その中で、設置にあたっては“気象庁発表の注意報、警報が発令されていない”ことを確認すること、突風等によりイベントを中止した後の再開にあたっては“強風、雷、などの注意報、又は竜巻注意情報が発令されていない”ことを条件としている。
- ・本社で当番者が民間のホームページで雨・風・雷等の気象状況を、気象庁ホームページで「竜巻注意情報」の発表状況を監視して適宜イベント現場へ連絡している。
- ・「竜巻発生確度ナウキャスト」まで監視する余裕はなく、利用していない。

○改善要望等

- ・「竜巻注意情報」は警報・注意報と比べて取扱いが軽く、民間のホームページでは警報・注意報しか見られないものが多い。「竜巻注意情報」も見られるようになるとうい。
- ・「竜巻注意情報」の発表対象範囲は、精度を上げるため広域にするよりも、精度が下がっても対象範囲を細かくしてもらったほうが使いやすい。
- ・「竜巻注意情報」と「竜巻発生確度ナウキャスト」の両者を確認するのではなく、確認すべき情報は1つの方が圧倒的に使いやすい。

【鉄道事業者】（1社）

○突風対策の現状

- ・風による運転規制は沿線に設置している風速計の観測値により実施。
- ・「竜巻注意情報」は発表対象範囲が広く、「竜巻発生確度ナウキャスト」も含めて精度が低いため、列車の運転規制には利用していない。

○改善要望等

- ・竜巻等の突風やその予兆現象についての知識を社員に周知したいが、パンフレットだけでは実感が持てない。動画等の啓発資料があるとよい。

【建設業関係】（1社）

○工事現場等における突風対策について

- ・現場では個人的に携帯電話で気象情報を取得している人もいるが、費用や通信面での課題もあり、全社的に決まった体制を定めているわけではない。
- ・気象情報は事前に必ず確認するが、作業中止の判断は安全基準（平均風速 10m/s 以上でクレーンの作業は中止など）に加えて、現場での視認を加えるなど総合的なものによる。ビルの間などでは空の様子が十分に見えない所もある。また、夜間は稲光や雷鳴で作業中止の判断をしている。
- ・経験的あるいは下降気流の突風の生成機構との関連からの判断により、「比較的湿度が低くしのごやすい日の方が、湿度が多い日と比べて雷雲に伴う強風に注意が必要」と、超高層建物現場に呼びかけたことがある。
- ・高所作業においては、冷氣外出流が下から吹き上げるようになることがあり（冷氣外出流のフロントの部分の風）、注意が必要である。
- ・事故は一度起こすと大変なので、安全には万全を期している。しかしながら、頻繁に中断できない作業もあるため、そうした場合は例えば午後いっぱい作業を中止するなど長時間の中断を行った。
- ・現場監督などが作業員に対して行う安全に関する講習会の中で、自然現象による危険性を扱っているところもある。

○高層構造物の施工に係る対策

- ・通常の工事現場では、10分もあれば作業員は安全な場所に退避可能であるが、超高層構造物の施工では退避に数十分かかる場合もある。また、途中で中断

できない作業もあることから、一部の現場では雷雨が始まる 1 時間程度前から危険度を段階的に知らせるようにした。

- ・民間気象会社等から気象警報・注意報、気象レーダーやウインドプロファイラーのデータを取得し、危険度を 2~3 段階に分けて監視し現場作業員にパトランプと場内放送で知らせるシステムを構築した。危険度の算出法は手探りであった。
- ・また、社屋で悪天時に気象状況を監視し、現場に電話・メール通知するなどの対応もした。

○「竜巻注意情報」の精度（検証）について

- ・「竜巻注意情報」が発表されても「適中率 5%だから突風は起きない」という声を現場で聞いたことがある。適中率の低さだけが強調されることで油断につながる可能性があると考ええる。
- ・気象庁が突風と認定した事例数に比べて、建設現場に限らず広く一般的に事故につながる一歩手前ぐらいの風はもっと起きているような印象がある。
- ・アメダスで 20m/s 以上の瞬間風速を観測した事例による検証結果も併記しているが、20m/s 以上の瞬間風速というのは現場での危険性を考える上で十分に説得力のある数字である。

○情報体系について

- ・「雷注意報」が朝早くから出るが、空が晴れていたりして天気が崩れる前の段階では、現場ではいつまで作業が継続できるか難しい判断をしなければならない。
- ・「雷注意報」が発表されても晴れていると油断が生じる恐れがある。
- ・現在の情報体系でも枠組みがうまく伝われば活用できる。例えば半日~1 日前の「気象情報」発表から、数時間前の「雷注意報」の発表を経て、直前の「竜巻注意情報」に至る情報発表のタイミングや各情報の持つ意味について、一般の理解が深まれば、災害に対する予防につながる。また、突風・竜巻の威力について啓発することが重要である。

○気象庁 HP について

- ・気象庁 HP は頻繁に利用する。ナウキャストや地震情報も含めその他のペー

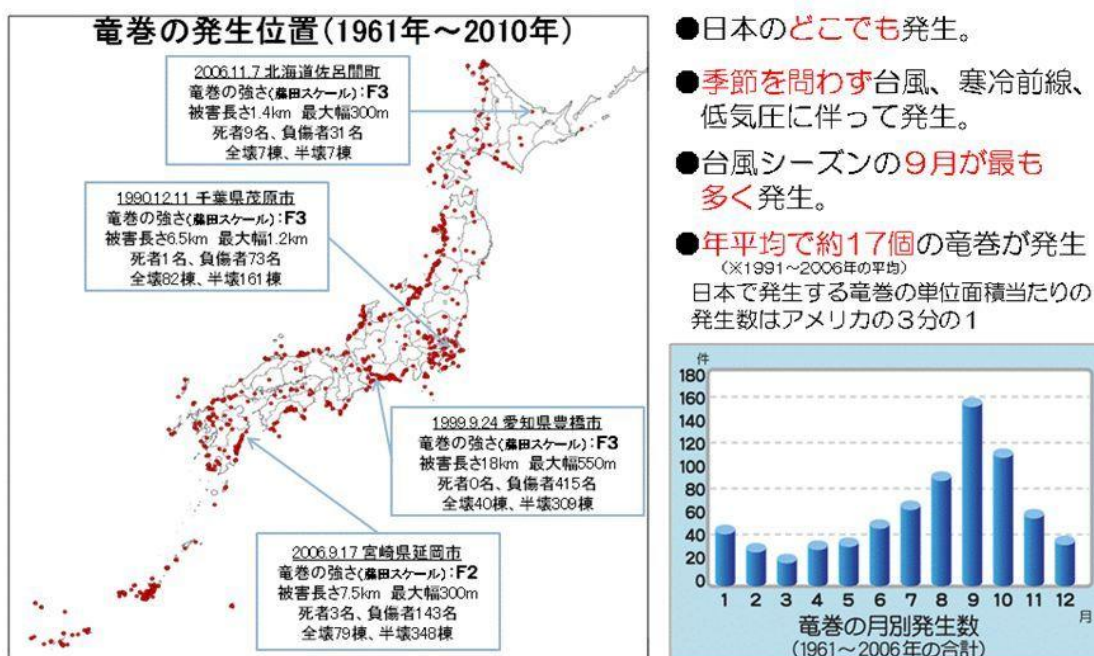
ジもよく見る。

- ・冷気外出流を考えると、レーダーエコーの直下より少し広い範囲で警戒が必要。そうしたものが視覚的に分かるようにはできないか。
- ・荒天部分の位置の概略を把握するため、ナウキャストの地図に自分のいる位置が分かるよう、線路等の目標が欲しい。

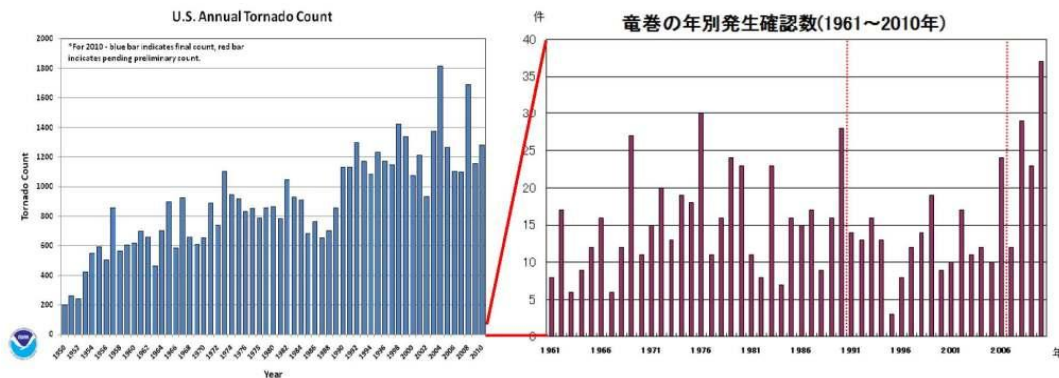
5. 竜巻等突風現象の監視・予測技術の現状

(1) 竜巻等突風現象の特徴と実態把握の現状

竜巻などの激しい突風は国内のどこでも、また季節を問わずいつでも発生し得る。しかし気象庁の統計によると、竜巻の発生数は年間 10 数個から 20 個程度であり、竜巻と評定されない突風を含めても年間 50～100 個程度となっている。これは、米国の竜巻発生数（年間 1000～1300 個）に比較して極めて少ないが、単位面積当たりで日米を比較すると、日本は米国の約三分の一となっている（第 6 図、第 7 図）。



第 6 図 日本の竜巻の発生位置と発生数



<p>米国における竜巻の年別発生確認数 1950～2010年 (NOAA) 最近の平均では1300個/年程度。</p> <p>注1 1980年頃の増加傾向は、F0竜巻の報告の増加による人為的な原因と考えられている。</p>	<p>日本における竜巻の年別発生確認数^{注2} 1961-2010年 (気象庁) 1991～2006年の平均で17個/年程度。</p> <p>注2 「竜巻」及び「竜巻またはダウンバースト」、陸上で発生または海上で発生してその後陸上したものの数。 注3 1990年前後では竜巻の確認方法に違いがあること、2007年から突風調査の強化による人為的な原因での増加の可能性など、赤点線の前後の期間では、単純な比較はできない。</p>
--	--

第7図 竜巻の確認数の推移

米国では、継続時間が1時間を超える竜巻もあり、最長では3時間30分の記録もあるが、我が国ではこれまでの最長は41分であり、多くは10分あるいはそれ以下となっている。竜巻の強さを表すフジタスケール（F0～F5）で、国内最大級とされるF3は今回（平成24年5月6日）の常総市～つくば市の事例を含めて1961年（昭和36年）以降4件確認されているが、F3を超える現象は確認されていない。

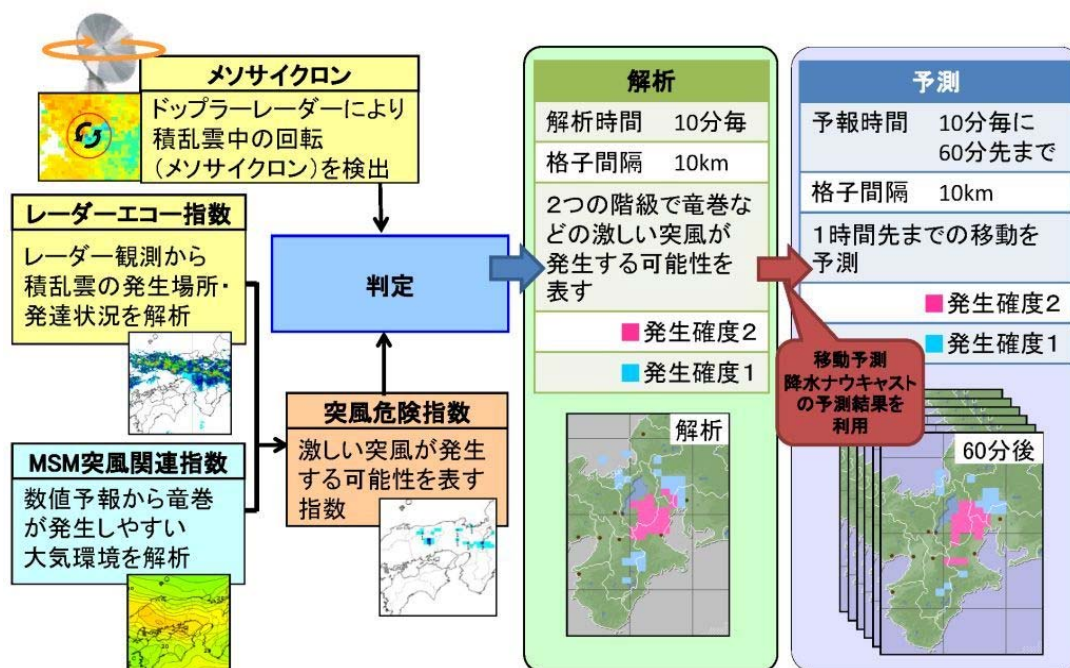
このように、竜巻などの激しい突風はその発生が稀な上に、極めて小規模で発現時間も短い現象であるため、その発生機構に未解明な部分が少なくない。竜巻等突風の調査研究を推進し予測情報の精度向上を図る上で、竜巻等突風現象の実態把握が重要である。このため突風災害が発生したときは、气象台等から気象庁機動調査班（JMA-MOT）が速やかに現地へ出動し、被害状況や現象の痕跡を調査して現象の特定や強さの評定を行っている。

しかし、実際に突風が発生していても被害がない等のため事実を確認できない場合もあると考えられる。例えば、第7図で示した日本における竜巻の年別確認数についてみると、1990年前後では竜巻の確認方法に違いがあること、2007年から突風調査の強化による人為的な原因での増加の可能性など、これらの時期の前後では確認数の単純な比較はできない。さらに、米国の確認数についても、1980年頃の増加傾向は、F0竜巻の報告の増加による人為的な

原因と考えられている。また、現象の強さの評定にはフジタスケールが用いられるが、現在の日本の住宅や建築物の構工法に適合しない部分もあることから、評定に時間を要す、あるいは評定結果に不確定性が残るなどの課題が指摘されている。

(2) 「竜巻注意情報」発表に関わる技術開発の経過

「竜巻発生確度ナウキャスト」や「竜巻注意情報」の発表では、気象ドップラーレーダー観測の「メソサイクロン自動検出^{*1}」と「突風危険指数」の2つを主要な判断材料として、竜巻などの激しい突風が発生しやすい状況を判定している。このうち、「突風危険指数」は、気象庁メソモデル（MSM）が予測した大気環境場から導かれる「突風関連指数」と気象レーダー観測から雨雲の特徴を抽出した「レーダーエコー指数」を統計的予測式に入力して得られる。「突風危険指数」が単独判定基準に達した場合、あるいは、メソサイクロンが検出されかつ「突風危険指数」が複合判定基準に達した場合に、「発生確度2」が現れ、「竜巻注意情報」が発表となる。



第8図 竜巻発生確度の解析と予測

^{*1}自動検出においては、ドップラー速度場中で、ある条件を満たすパターンを検出するものであり、検出結果のすべてが気象学的な意味でのメソサイクロンとは限らない。ただし、便宜上、これ以降ではメソサイクロンと呼ぶことにする。

気象庁は、「竜巻注意情報」等の精度検証を行いながら、「突風危険指数」を算出する統計的予測式や判定基準の改良を以下のとおり実施してきている。

○「竜巻注意情報」の運用開始（平成 20 年 3 月 26 日～）

＜突風危険指数の統計的予測式＞

- ・2004 年 2 月～2007 年 1 月の資料（突風事例、レーダー観測、数値予報等）を使用
- ・突風危険指数は 1 種類

＜メソサイクロン自動検出と突風危険指数に基づく総合判定＞

- ・「メソサイクロン自動検出」と「突風危険指数」が、判定基準に達した場合に竜巻等の激しい突風有りと判定して、「竜巻注意情報」を発表。

○「竜巻発生確度ナウキャスト」の運用開始（平成 22 年 5 月 27 日～）

＜突風危険指数の統計的予測式＞

- ・2006 年 1 月～2008 年 12 月の資料を使用
- ・突風危険指数を 3 種類（竜巻型、ダウンバースト型、ALL 型）に

＜メソサイクロン自動検出と突風危険指数に基づく総合判定＞

- ・「メソサイクロン自動検出」と 3 種類の「突風危険指数」を総合判定して「発生確度 1」と「発生確度 2」の背景場を解析。背景場のうち、気象レーダーの降水強度が基準値以上となる地域をそれぞれ「発生確度 1」、「発生確度 2」とする。「発生確度 2」の格子点が存在する府県予報区等に「竜巻注意情報」を発表。また、「発生確度 1」、「発生確度 2」の時間変化を 60 分先まで補外予測して「竜巻発生確度ナウキャスト」を作成・発表。

○統計的予測式と総合判定のさらなる改良（平成 24 年 3 月 22 日～）

＜突風危険指数の統計的予測式＞

- ・2006 年 1 月～2010 年 12 月の資料を使用（統計期間延長）
- ・単独判定用の「突風危険指数」（竜巻型、ダウンバースト型）の精度改善。

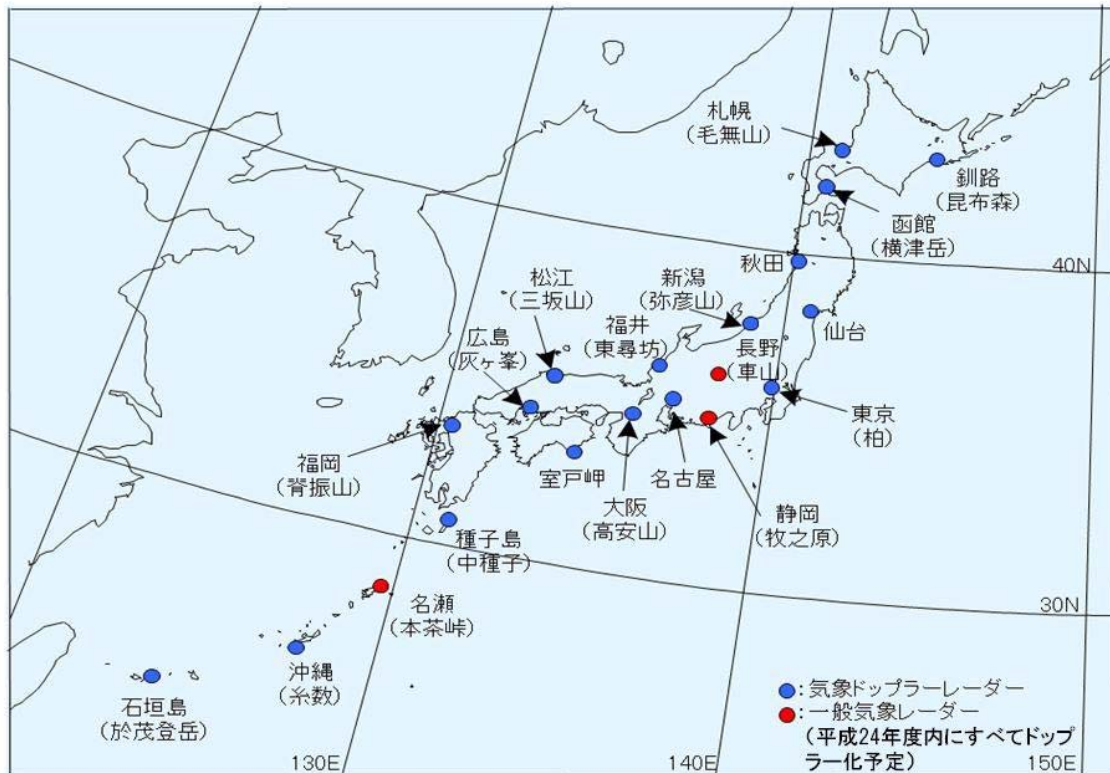
＜メソサイクロン自動検出と突風危険指数に基づく総合判定＞

- ・判定に用いる格子を細密にし、また、積乱雲の発達傾向が見られない

領域を判定対象から除くことで、「竜巻注意情報」の空振りを低減。

(3) ドップラーレーダー観測網の現状

雨及び風の詳細な立体分布データを連続的に取得し、集中豪雨、竜巻などの突風の監視・予測能力の向上を図るため、気象庁は全国 20 か所の気象レーダーを平成 17 年度から順次、気象ドップラーレーダーに機能強化する整備を進めてきた。既に 17 か所でドップラーレーダーの運用を開始しており、残る 3 か所(長野、静岡、名瀬)についても平成 24 年度末までにドップラーレーダーの運用を開始する予定である(第 9 図)。これにより全国を覆う気象ドップラーレーダー観測網が完成し、メソサイクロンの検出が可能となる。



第 9 図 レーダー気象観測網

(4) 数値予報モデルの利用の現状

竜巻やダウンバーストは発達した積雲や積乱雲の下で発生し、強い竜巻の多くはスーパーセルと呼ばれる発達した積乱雲の下で発生する。スーパーセルの

発生には大気の状態が不安定であること、鉛直方向の風向・風速の変化が大きいこと等が要因として重要である。このような大気環境を表す指標として複数の「突風関連指数」が導入されており、数値予報モデルの計算結果から算出される。

「突風関連指数」により竜巻等突風の発生する可能性が高いと予測される場合、気象台等は半日から1日程度前に「気象情報」を発表し、その中で注意を呼びかけている。さらに、「竜巻注意情報」や「竜巻発生確度ナウキャスト」の発表においては、前述(2)のとおり、「突風危険指数」の算出に「突風関連指数」を用いている。

年々、数値予報モデルの精緻化・高精度化が進んでいることから、竜巻等突風に関する各情報においてもその予測結果が有効に活用されている。

(5) 観測的研究の現状：二重偏波ドップラーレーダーで捉えた竜巻の渦

5月6日に茨城県、栃木県、福島県で発生した突風について、気象台等は気象庁機動調査班(JMA-MOT)を現地へ派遣し調査を行っている。このうち、茨城県常総市、つくば市については気象研究所、水戸地方気象台及び銚子地方気象台が5月6日、7日に調査を実施した。調査の結果、被害域は、長さは約17km、幅500mの帯状に連続的に分布しており、竜巻によってもたらされたことがわかった。

気象研究所のCバンド固体素子二重偏波ドップラーレーダーによる観測では、竜巻から約15kmの比較的近距离に位置していたことにより、竜巻の親雲だけでなく竜巻近傍におけるドップラー速度分布や二重偏波情報の詳細な特徴を捉えることができた。

レーダーで捉えた反時計回りに回転する渦は、現地調査で判明した被害地域の上空を時速約60kmで(距離約17kmを18分ほどかけて)通過し、12時51分には被害の大きかったつくば市北条地区上空を通過していたことが明らかとなった(第10図)。この渦は現地調査で得られた被害分布とよく対応していることから、竜巻渦そのものと考えられる。

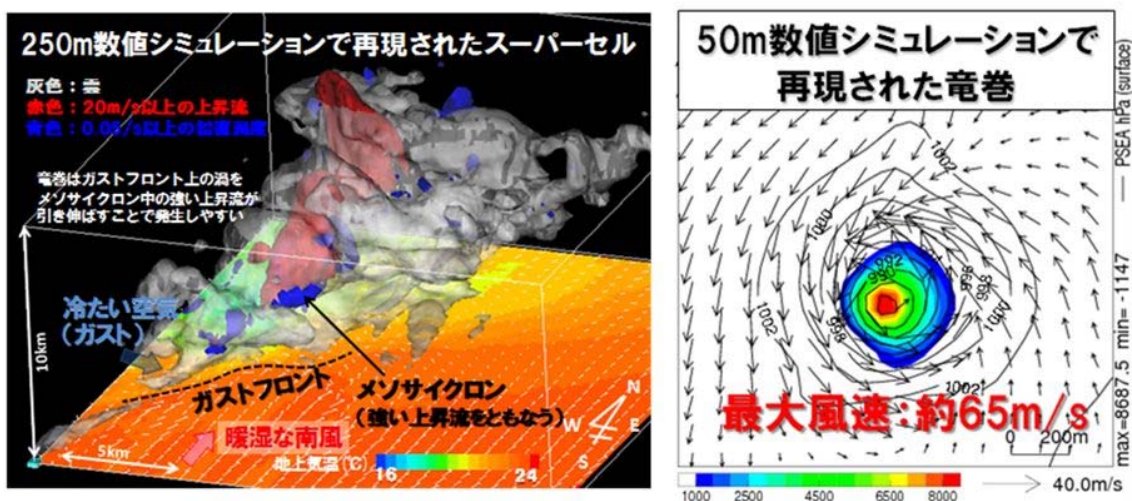
さらに今回は、地上から巻き上げられた飛散物をとらえるなど、通常のドップラーレーダーでは得られない二重偏波情報が得られた。気象研究所では今後、新しい観測手法の開発に向けた詳細な解析を進めていく予定である。



第 10 図 気象研究所・水戸地方気象台・銚子地方気象台による現地調査で判明した突風被害の分布（赤プロット）、及び気象研究所固体素子二重偏波ドップラーレーダーで捉えられた上空の渦（青丸）。

(6) 予測的研究の現状：数値シミュレーションによる竜巻の再現

つくば市等で竜巻を引き起こした積乱雲について 250m 格子の数値シミュレーションを行い、発生時刻や位置にずれはあったものの、その再現に成功した（第 11 図左）。その積乱雲中には強い上昇流をとまなうメソサイクロンや降水



第 11 図 250m 格子の数値シミュレーションで再現されたスーパーセル（左図）と 50m 格子の数値シミュレーションで再現されたガストフロント上の竜巻（右図）

の蒸発で作られた冷氣からなる強風（ガスト）、およびその冷氣と暖湿な空気がぶつかる場所に作られるガストフロントがみられた。これらのことから、竜巻は典型的なスーパーセルがもたらしたものであることが示唆され、気象レーダーによる観測にも整合していた。竜巻はそのガストフロント上で形成されたことが、50m 格子の数値シミュレーション（第11図右）から確かめられ、計算された最大風速は F3 レベルに近い約 65m/s であった。

6. 「竜巻注意情報」の課題

（1）発表区域の細分化に関わる課題

各地の気象台等は「発生確度 2」となった区域（概ね県の区域）に対して「竜巻注意情報」を発表している。竜巻等突風は極めて局地的な現象であることから、県単位の発表では大多数の市町村で情報が空振りとなるため、対象地域をより絞り込んで発表することが望まれる。

そこで、5月6日の栃木県・茨城県を例にして発表区域の細分化に関する調査を実施した（別添資料1）。その結果、発表区域を細分化することでリードタイムが減少する事例があることが分かった。細分化によって個々の積乱雲への追従は向上し、発表地域が絞り込めることによって、1市町村当たりの発表時間や発表回数は減少する。一方、移動が速く盛衰の激しい積乱雲の変化に追従して対象となる市町村も漸次的に変化するため、県全体での発表回数は著しく増加する。

「竜巻注意情報」を発表した後も気象状況は刻々と変化し、積乱雲の雲域も速い速度で移動しながら激しく盛衰する。このことから「竜巻注意情報」では、「発生確度 2」に達した特定の積乱雲について注意を促すだけでなく、そのような積乱雲が発生するほどその県全域の気象状態が切迫している、県内の別の場所でも今まさに竜巻等突風が発生し得る状態にある旨を呼びかけることで防災上の効果を高める狙いもある。したがって、「竜巻注意情報」を発表した時には存在しなかった積乱雲が情報発表後に発生発達して突風をもたらすような場合については、細分化によってリードタイムの減少や、出し遅れ事例の増加、捕捉率の低下を招く恐れがあることに留意する必要がある。

今回の栃木県の事例では、別の積乱雲に対して「発生確度 2」が得られたため、栃木県全域で情報を発表した場合にリードタイムが長くなったが、抜本的

には、竜巻等突風のおそれがある積乱雲に対して、より早い段階から「発生確度 2」の判定が得られるような予測精度の向上に努めることが必要である。

(2) より激しい突風現象を対象とする「竜巻注意情報」の発表に関わる課題

「竜巻注意情報」は予想される突風現象の強度を区別していない。対象となる現象を F1 以上など、より激しい現象に絞り込むことができれば、情報の防災効果を高められる可能性がある。

そこで、F1 以上を対象とした絞り込みの可能性を調べるため、危険判定の基準値を単純に引き上げて発表回数を絞り込むことの調査を実施した（別添資料 2）。その結果、F1 以上の相当数の事例が捕捉できなくなり、捕捉率の低下と比べて期待されるほどの適中率の改善は見られなかった。

突風危険指数の統計的予測式では、強さによらず現象の有無で統計計算を行い、係数を決めている。上記の結果は、階級別に発生確度を予測するためには、階級別に統計的予測式を定める必要があることを示唆している。しかし、F1 以上では発現事例数が限られるため、有意な予測式を求めるには今後さらに事例数の蓄積が不可欠である。

7. 米国における竜巻等のシビア現象への対策の現状（米国調査団の調査結果）

平成 24 年 6 月 25 日（月）から 29 日（金）にかけて、内閣府・気象庁等による政府調査団がアメリカ合衆国の連邦危機管理庁（FEMA）、国立気象局（NWS）、オクラホマ大学等の関係機関を訪問した。

竜巻に関する米国の情報は、1～8 日先の竜巻発生確率の予報（Outlook）、数時間前に竜巻の発生を予測する注意報（Watch）、発生する前後に発表する警報（Warning）があり、時間の経過と共に段階を踏んで発表されている。このうち警報については、郡（County）という行政区域毎に発表している従来からの方法に加え、積乱雲の位置に基づき地図上の多角形で発表する警報（Storm Based Warning）を導入して、郡毎の発表と比べて面積にして概ね 3 割程度にまで警報の対象地域を絞り込んでいる。加えて、2011 年（平成 23 年）5 月にミズーリ州ジョプリンで発生した竜巻被害を教訓として、住民の積極的な行動を促すため、想定される被害など社会的な影響に踏み込んだ記述を行う警報（Impact Based Warning）を導入すべく業務実験を行っている。

米国では、竜巻、突風、ひょうなどの顕著な現象を通報するスポッターという無償ボランティアが気象台に登録されている。スポッターには消防士、警察官、危機管理担当者などが多い。気象台の予報官は、積乱雲の状況（メソサイクロン、フックエコーや大気環境等）を監視すると共に、スポッターの通報情報も加えて状況を総合的に判断し警報を発表している。予報官が警報の発表を迅速に判断するためには、スポッターの通報情報の品質維持が欠かせない。このため、地方気象台はスポッター登録者を対象に毎年研修を行っている。

NWS のレーダーネットワークは、NEXRAD (WSR-88D) と呼ばれ、166 台のドップラーレーダーから成る。現在、2013 年 4 月にかけて二重偏波レーダー化を実施しており、竜巻の強さやレーダーからの距離などに依存はするものの、飛散物を手掛かりとした竜巻の検知に効果がある事例が確認されている。

第二部 竜巻等突風に関する情報の
改善に向けた提言

1. 竜巻等突風予測情報の発表、伝達のあり方

第一部「6. 「竜巻注意情報」の課題」で示したとおり、「竜巻注意情報」の発表区域を細分化し、または、F1以上などより激しい現象に特化して有効な情報を発表するには一層の精度向上や突風事例の蓄積が不可欠であり、「4. 予測精度向上のための調査研究と技術開発の推進」で示される技術改善の成果を踏まえて引き続き検討することが望ましい。

以下では、「竜巻注意情報」の発表区域細分化と同等の機能を提供できる「竜巻発生確度ナウキャスト」の活用も含め、現在の情報においても緊急に実施すべき改善の方向性について述べる。

(1) 発達した積乱雲に伴う現象全般に対する注意喚起と情報体系の改善

竜巻等突風に至らなくても、発達した積乱雲の下では“落雷”や“ひょう”、“急な強い雨”など激しい現象が発生する可能性が高い。このため、発達した積乱雲に伴う現象（竜巻等突風、落雷、ひょう、急な強い雨）全般について、段階的に発表する「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」の記述の中で「大気の状態が不安定」というキーワードと合わせて一体的に繰り返し注意喚起を行うべきである。

さらに、「雷注意報」と「竜巻注意情報」が発達した積乱雲に伴う現象に注意を呼びかける一連の情報として階層化されていることが明確になるよう、これらの名称および発表方法の系統化について引き続き検討すべきである。その際、気象警報・注意報と異なっている現状の「竜巻注意情報」の対象地域や有効期限の考え方について、改めて検討する必要がある。なお、名称や発表方法の変更は、情報の利用者や伝達機関にも大きな影響を及ぼすことから、気象警報を含む防災気象情報全体の機能性・整合性に配慮しつつ、綿密な検討が速やかになされなければならない。

(2) 段階的に発表される情報の有効活用とナウキャストの普及

当日の天気については、前日や当日朝の段階から国民の関心が高いということも踏まえ、時間経過および突風の発生可能性の高まりに応じて段階的に発表される「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」を有効に活用していただけるよう、後述する周知広報等（「3. 住民への利活用推進策」参照）を通じて利活用を促進することが効果的である。

また、これらの情報と組み合わせて、常時 10 分毎に発表される「竜巻発生確度ナウキャスト」の普及を、降水と雷のナウキャストと合わせて推進すべきである。例えば、「竜巻発生確度ナウキャスト」の利用者が、発達した積乱雲に伴う現象の状況を多角的かつ分かり易く把握できるよう、気象庁ホームページや国土交通省防災情報提供センターの携帯端末用ホームページにおける「竜巻発生確度ナウキャスト」と「降水ナウキャスト」、「雷ナウキャスト」の相互の参照性を高めるなど表現を工夫し、利便性を高めることが望ましい。

また、「竜巻発生確度ナウキャスト」を市町村毎にプッシュ型に加工してメール等で通知するサービスについては、「竜巻注意情報」の発表区域細分化と同等の機能を提供でき、既に民間サービスとして実現していることから、民間事業者や自治体の取り組みも視野に入れつつ普及を図るべきである。

さらに、「気象情報」や「雷注意報」の段階で予測される突風発生の可能性を「竜巻発生確度ナウキャスト」でも注意喚起できるよう、“雷注意報級”、“気象情報級”のレベルを追加するなど「発生確度」の階級や表示方法について改善を検討すべきである。

このようにして、それぞれの情報のリードタイムと精度を踏まえつつ、各段階に発表する情報の中で、竜巻等突風に対する注意を呼びかけることが望ましい。

(3) 迅速、多様な情報伝達手段の確保

「竜巻注意情報」等のテレビ・ラジオや防災行政無線等を通じた伝達について、関係機関の協力を求めて普及を図る必要がある。伝達する場合には、竜巻等突風に対して特に脆弱な環境にある場合を除いては、負担の小さな対策を前提とし、例えば、空の様子を見て最終判断することの重要性をあらかじめ周知した上で、「空の変化に注意」など、とるべき行動を含めて知らせることが有効である。

また、自治体における対応を支援するため、自治体が防災行政無線等を通じて住民に伝達する際に、どの段階でどのような内容を周知するのが適切なのか、一定の考え方を関係機関と連携して検討し、自治体の実情を踏まえた住民周知のためのガイドライン等を示す必要がある。

自治体や民間事業者等が提供している情報サービスには、メール配信等プッシュ型のサービスもあり、こうしたサービスを利用することも有効である。

気象庁や民間事業者がホームページ等で提供している「竜巻発生確度ナウキャスト」等のプル型情報については、「竜巻注意情報」等が発表された場合など必要な時に適切に活用いただけるよう、その表現についても工夫するとともに、日頃からの周知が必要である。

住民訪問調査（第一部「4. 住民・事業者等の情報利活用の現状」参照）でも明らかになったように、単独の情報伝達手段で全ての住民や滞在者に限られた時間で竜巻等突風が発生する可能性を周知することは難しい。一人ひとりの受け手の属性や状況、それぞれの情報伝達手段の特性等に鑑み、多様な情報伝達手段が確保されるよう、自治体、報道機関、関係省庁等と連携を図ることが必要である。

特に、情報入手手段としてテレビ・ラジオの利用意向が高いことが住民訪問調査や住民ネットアンケートの結果に表れていることを踏まえ、また、段階的に発表される情報を活用し発達した積乱雲に伴う現象全般に対する注意喚起を繰り返し行うことが有効であることから、前日や当日朝に「気象情報」が発表された段階から、ニュースや天気予報の番組を通じて、落雷、降ひょうや急な強い雨とともに竜巻等突風の可能性について、その背景となる気象要因（大気の状態が不安定など）や、万が一に備えた心構えなどと合わせて国民に周知することが重要である。

2. 竜巻の実態把握の強化

竜巻等突風の調査研究を推進し予測情報の精度向上を図る上で、竜巻等突風現象の実態把握が重要である。このため、以下の項目について取り組む必要がある。

（1）目撃情報の活用可能性の検討

予測情報の精度が限られるなか、実際に竜巻等突風の発生を捉えてこれを即時的に収集すれば、突風被害の防止・軽減に役立つ可能性があると考えられる一方で、その実現には技術的、制度的な課題も少なくない。

竜巻等突風は極めて小規模な現象であるため、これを直接検知するレーダー網の全国整備は現実的ではない。今回の茨城県常総市～つくば市の事象では竜巻で巻き上げられた飛散物を気象研究所レーダーで捉えることができたが、これは一定規模の竜巻がレーダーサイトのごく近傍で発生したため可能となった

極めて稀な事例である（第一部「5. 竜巻等突風現象の監視・予測技術の現状（5）観測的研究の現状」参照）。全国どこでも同様の観測条件を実現するには、数十 km 間隔でレーダーを配置する必要がある、これは現実的ではない。

一方、携帯電話にカメラや GPS 機能が装備され、スマートフォンの登場でアプリケーションを用いた高度な情報処理が可能となるなど、情報通信技術の急速な発展と普及の状況を踏まえると、これらの技術を活用して竜巻やひょう等の激しい気象の目撃情報を即時的に収集し活用できる可能性がある。

目撃情報の通報制度は、米国では既に 1970 年代から SKYWARN 制度として確立している（第一部「7. 米国における竜巻等のシビア現象への対策の現状」参照）。現在、定期的に講習を受けた 29 万人以上のボランティアの通報者（スポッター）が登録されており、竜巻等のシビア現象を目撃した際は定められた内容と手段で気象局等の機関に通報するものとされている。通報を受けた気象局の機関はその内容に基づき必要に応じてトルネード警報等を発表している。同様の制度はカナダや英国などにも導入されている。

我が国の竜巻は、米国と比較してその規模が小さく、かつ、継続時間も短い。また、非スーパーセル型の竜巻も多い。このため、国内で発生するほとんどの竜巻について、米国同様に目撃情報の通報を受けて直ちに警報を発表する制度が有効に機能することは期待できない。しかし、一連の雲域で複数の竜巻が発生することもあり、竜巻等の突風が発生しやすい気象状況下にあつて、現に竜巻の発生が確認されたことを「竜巻注意情報」等の発表に活用することにより、周辺地域での新たな竜巻発生の可能性も含めたよりいっそうの注意喚起ができる可能性がある。現在でも、気象官署で竜巻を観測した場合や公的機関から目撃情報が寄せられた場合などには、必要に応じて「竜巻注意情報」を発表することとしており、実際そうした例もある。

また、竜巻等の目撃情報を即時的に収集することにより、気象台が速やかに現地の被害状況や現象の痕跡を調査し、現象の特定や強さの評定をよりの確に行うことも可能になる。また、通報を受けた目撃情報を必要に応じて自治体等関係機関と共有することにより、それらの機関の応急対応にも資するものと考えられる。さらに、事例の蓄積を通じて調査研究が促進され、これにより現象解明と予測精度の向上が期待される。

このため、我が国の竜巻の特徴も踏まえたうえで、竜巻やひょう等の激しい気象現象の目撃情報を気象庁が即時的に収集し、活用する可能性について技術

的・制度的な課題も含め検討することが適当である。目撃情報の「竜巻注意情報」等への活用にあたっては、災害の防止・軽減に資するとの目的に照らし、いかに迅速に目撃情報を収集するか、そして、どのように通報内容の品質を確保していくかが課題となる。最新の情報通信技術と気象学的知見を踏まえて、予報官が周辺地域での新たな竜巻発生の可能性も含めた総合判断を下すことができる実用的な仕組みの検討が必要である。

具体的な検討項目として、例えば以下の点が挙げられる。

- ・信頼できるボランティアの通報者としては、米国の制度を参考にすると、公的機関の職員や、気象や防災に関して専門知識を有する団体の会員などが想定される。
- ・目撃情報を迅速かつ系統的に収集・分析するため、組織化された情報網の構築を関係機関と連携しながら目指す必要がある。
- ・通報内容の品質を確保するため、登録された通報者には講習や訓練を通じて気象の観測方法や竜巻の特定方法、竜巻遭遇時の安全確保策などをあらかじめ習得しておいて頂く必要がある。講習や訓練に用いる材料や内容についても十分な検討が必要である。
- ・各地の気象官署では従来から出前講座等を通じた気象に関する普及啓発を推進しているところであり、また、自治体では防災対策全般に関する担当者向けの研修が行われている場合もある。こうした既存の取り組みを登録通報者の講習等に発展させることでの確かな人材の養成が期待できる。
- ・このような通報制度とその研修・訓練が自助・共助を支援する公助としての役割を果たすこととなる。また、登録通報者の気象情報全般への理解や活用を促進し、ひいては地域防災力の向上にも繋がることも期待される。
- ・通報の対象とする現象には、竜巻以外にもひょうのほか、関心が高い時期や地域での降雪・積雪、局地的な濃霧などの防災に資する気象要素も含めるなど、より実効性のある制度とすることが望ましい。

この他、竜巻等の被害が発生した場合には、市町村や消防等には住民等からの通報が多数寄せられる。通報を受ける自治体等においては、竜巻や被害発生情報を住民に伝達し注意喚起を行うことも考えられることから、市町村や消防等に寄せられる被害の情報の活用の可能性について、消防庁と連携して検討

を進めることが適当である。

(2) 竜巻の強さの評定に関する改善

フジタスケールは、竜巻等の突風により発生した被害の状況からその風速を大まかに推定するため、シカゴ大学の藤田哲也博士が1971年に提案したものである。フジタスケールは基本的に米国での住宅の被害を対象として確立されたものであるが、地域的・文化的な住宅構造の違いは必ずしも考慮されていないなどその利用には課題もあるとされ、米国では2007年から、建築物を規模や用途に応じて分類し、区分ごとに被害状況と推定風速を対応付けた改良フジタスケールが使われている。日本においても、国内で発生する竜巻の強さをよりの確に把握するため、日本の建築物等に対応させるガイドライン等の作成について検討を行う必要がある。ただし、フジタスケールと異なるスケールを新設すると国際比較や過去統計との比較が困難になるため、米国の改良フジタスケールも参考にしつつ、従来のフジタスケールと統計的な継続性を持ち、より客観性を備えたガイドライン等の作成を目指すものとする。

さらに、発生した竜巻の強さを迅速かつ的確に評定するため、専門家を交えて被害状況を分析する仕組みを検討する必要がある。

これらの検討にあたっては、日本風工学会、日本気象学会等関連諸学会との連携が不可欠である。

3. 住民への利活用推進策

竜巻などの激しい突風はその発生が稀な上に、極めて小規模で発現時間も短い現象である。一方、「竜巻注意情報」は竜巻発生の有無を知らせるものではなく、県域程度の広域を対象に発生確度が高まったことを知らせるものである。したがって、「竜巻注意情報」が発表されたらまず空の様子に注意するとともに、「竜巻発生確度ナウキャスト」や「気象レーダー」等をこまめに確認し、発達した積乱雲が接近する兆候を認知した場合に具体的な安全確保行動をとることが現実的である。安全確保の行動をとるのに時間を要しない状況では、空の様子に変化がなければ、具体的な安全確保行動をとる必要はない。

このように、竜巻等突風に対する防災上の応急対策は、自治体の避難勧告等の中軸とする台風や梅雨前線等に伴う風水害対策とは大きく異なることに留意しなければならない。住民一人ひとりが竜巻等突風の発生しやすい気象状況に

なっていることを覚知し、自分が今いる場所はどの程度危ないのか、どんなリスクがあるのか、発達した積乱雲や竜巻が接近してきた場合にどのように行動すべきかを自覚し、最終的には自らの判断で安全確保行動をとることが求められる。

このように、竜巻等突風対策においては、自助、共助の主体的な実践が大きな役割を担っているといえる。そこで、自助、共助を支援する公助として主に以下の取り組みの必要性について述べる。

(1) 周知啓発用資料の作成

竜巻等突風の被害を軽減するためには、住民一人ひとりが竜巻等突風やそれに遭遇した時にとるべき行動、竜巻等突風に関して気象台等から発表される情報とそれを受けた時の対応などについて、あらかじめ知っておく必要がある。そのため気象庁は、これまでもパンフレットや解説書を作成し広報行事等で活用するほか、ホームページや政府広報等を通じて普及啓発に努めてきた。

このうち、既存のパンフレットでは必ずしも明確でないが解説書には一部が記述されている重要な以下の事項について、改めて分かり易く説明する周知啓発用の資料が求められる。

○竜巻等突風予測情報の特性

- ・段階的に発表される「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」が発達した積乱雲に伴う現象に注意を呼びかける一連の情報として階層化されていること
- ・「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」の精度や限界などの特性
- ・「竜巻注意情報」でさえも、竜巻発生の有無を知らせるものではなく、発生確度が高まったことを知らせるものであること
- ・「竜巻発生確度ナウキャスト」は、自分が今いる場所がどの程度危ないのかといった最新の状況を確認するのに有効であること

○とるべき行動

- ・情報を受け取った時やその後の気象状況の変化に応じてとるべき行動について、受け手の状況に合せた具体例。例えば、屋外作業中、農作業中、高所作業中、車の運転中、在宅中、学校庭等で運動中、脆弱な建物（物置、

車庫、プレハブ、野外テント)にいるとき、近くに安全な場所がないとき、夜間で雲の様子が判らないときなど、多様な受け手の状況を想定。

第2表 「竜巻注意情報」を受け取ったとき、積乱雲が近づく兆しを察知したとき、竜巻の接近を認知したときなどの段階に応じてとるべき行動の一般例

「竜巻注意情報」を受け取ったとき	空の変化に注意する。異変が無ければ特段の行動は不要。ただし、安全確保に時間を要する場合は万々に備えた準備を心がける。空の変化に注意し続けるとともに、「竜巻発生確度ナウキャスト」、「気象レーダー」等で自分が今いる場所ほどの程度危ないのかこまめ（5分～10分毎）に確認する。
積乱雲が近づく兆しを察知したとき	頑丈な建物など安全な場所に移動する。雨戸やカーテンなどを閉める。など
竜巻の接近を認知したとき	飛散物から身を守る行動をとる。窓から離れる、窓の無い部屋等へ移動する、低くかがんで頭と首を守る、など

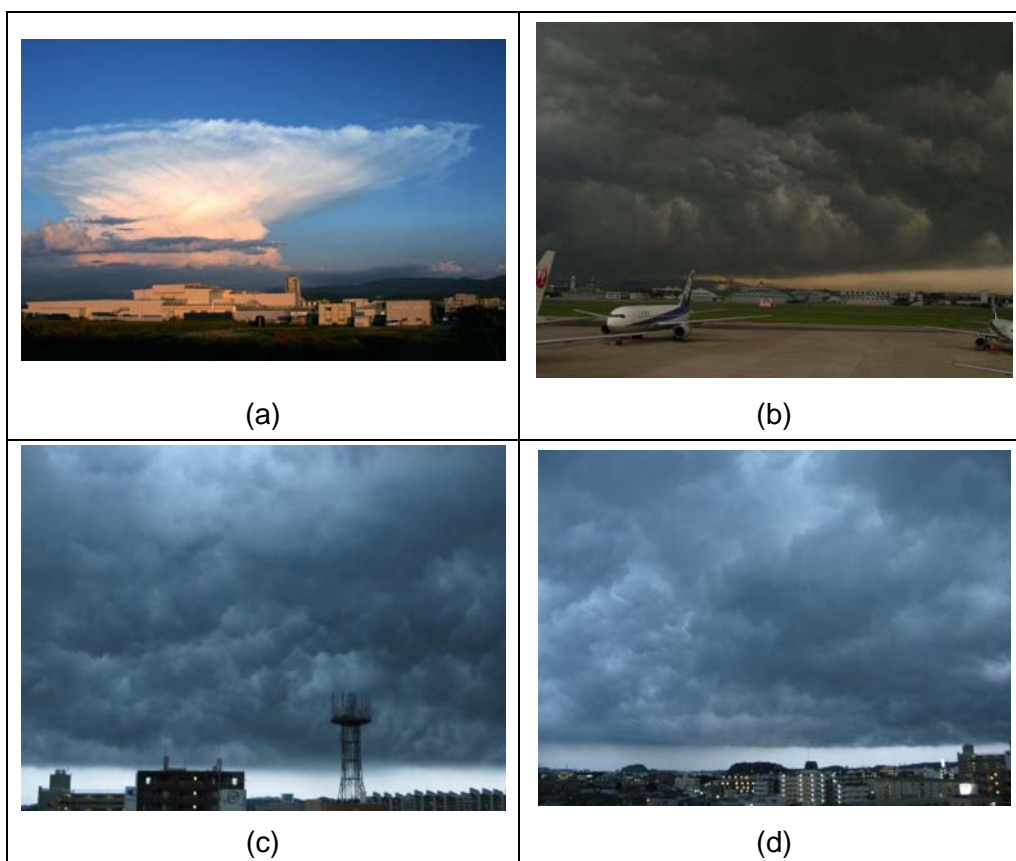
第3表 近くに安全な場所がないとき、夜間で雲の様子が判らないとき、屋外イベント時、屋外作業時など、多様な受け手の状況に応じてとるべき行動の一般例

近くに安全な場所がないとき	飛散物から身を守るような物陰に身を隠し、低くかがんで頭と首を守る。
夜間で雲の様子が判らないとき	竜巻が間近に迫った特徴に留意する。ゴーというジェット機のような轟音、耳に異常を感じるほどの気圧の変化、など
屋外作業やイベント時	あらかじめ安全確保のための行動計画、判断基準、情報入手手段等を検討しておく。安全確保に要する時間等を考慮し、「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」の各段階で必要な準備措置を講じる。空の変化に注意し、積乱雲が近づく兆しを察知したときは、安全確保の対応をとる。など

- ・平常時から竜巻に備えた対策を、地震対策あるいは台風等の暴風対策と一体的に講じることの有効性、例えば、窓ガラスへのフィルム貼付、合わせガラスの導入など。

○竜巻の特徴

- ・発達した積乱雲に伴う諸現象（竜巻等突風、落雷、ひょう、急な強い雨）やそれにより想定される被害
- ・外国のトルネードとの違い。規模、継続時間、発生頻度、など
- ・発達した積乱雲の見分け方、観察の着目点、など



第12図 積乱雲の画像の例。

(a) 発達した積乱雲の遠望。積乱雲は垂直に著しく発達し、山や巨大な塔のようにも見える濃密な塊状の雲。その雲頂は圏界面付近（高度十数キロメートル）まで達する。写真は、最盛期の積乱雲で、雲頂にかなとこ雲（羽毛状の構造が鉄床状に平たく広がっている雲）が形成されている。(b) 積乱雲が次第に広がる様子。発達した積乱雲の底は非常に暗く、雲の色は真っ黒である。地面近くに見られる水平な雲は降水域から吹き出す冷たい空気の先端部（ガストフロント）にできる棚状の雲。(c)と(d) 発達した積乱雲を下から見上げた様子。発達した積乱雲の下では、強い雨が降り、しばしば落雷や降雹も見られ、竜巻、ダウンバースト等突風が発生することもある。

新たな周知啓発用資料は、パンフレット、ホームページ等既存の手段としても有効であるが、ビデオ映像を新たに作成・公開し、自治体、教育機関等へ配布できれば、より効果的な周知啓発に資すると考えられる。また、登録通報者制度（「2. 竜巻の実態把握の強化（1）目撃情報の活用可能性の検討」参照）を導入した場合の研修用教材としても活用可能である。ビデオ映像の作成に当たっては、スーパーセルの生成から竜巻の発生・消滅までを可視化した資料を盛り込むことができればより有効と考えられる。研究者や一般の方から映像資

料を募る他、海外の事例の引用や、数値シミュレーションの活用、学術的知見を具現化したアニメーション映像の作成など、工夫することが望ましい。

(2) 関係機関との連携

住民への周知啓発を気象庁・気象台単独であまねく実施するには限界がある。従来からの広報行事、講演会、出前講座等の機会を活用することはもちろんであるが、効果的な周知広報を実施するためには、自治体、学校、報道機関、関係省庁、気象に関する専門知識を持つ団体等との連携が求められる。自治体や教育委員会等で実施される職員、教職員向け研修や住民向け講演会等の機会を活用するとともに、そうした取り組みを報道で取り上げ解説を加えてもらうことで、周知啓発の効果を加速することができる。さらに、学校教育に取り入れることで、災害に備え身を守る意識を国民一人ひとりに普及できると考えられる。

これらの取り組みを通じて、災害に備える文化の醸成を図り、自主的な自助・共助の実践を促すことにつながるよう期待する。

4. 予測精度向上のための調査研究と技術開発の推進

竜巻などの激しい突風はその発生が稀な上に、極めて小規模で発現時間も短い現象であるため、その発生機構に未解明な部分が少なくない。竜巻等突風の予測精度の飛躍的な向上のためには、竜巻等突風の機構解明に繋がる研究成果が必要である。したがって、当面は現在の予測手法、具体的には「メソサイクロン自動検出」、「レーダーエコー指数」、「突風関連指数」、「突風危険指数」の改良・改善を通じて着実な精度向上を図るとともに、大学・研究機関との連携を通じて最先端の学術的な成果を取り入れつつ中長期的な視点に立って竜巻等突風予測の調査研究・技術開発を推進していくよう努めなければならない。そして、予測精度の向上を踏まえて、発表地域の細分化や F1 以上などより激しい現象を対象とする予測の実現など発表内容の改善を検討していくことが必要である。

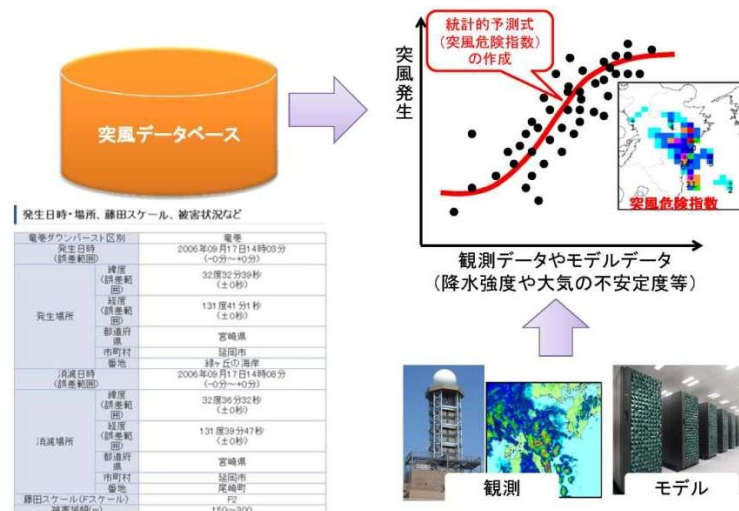
(1) 短期的課題

ここでは、現在の予測手法を改善するために速やかに取り組むべき技術的課題を示す。これらはいずれも継続的に改善・改良に努めるべきものである。

○突風事例データの確実・精確な蓄積（継続）

竜巻等突風現象の解明や「竜巻注意情報」、「竜巻発生確度ナウキャスト」などの突風予測に関する技術開発には、突風事例データの確実・精確な蓄積が重要である。特に我が国では継続時間の長い竜巻は少ないため、被害規模が小さく突風現象と認知されない事例もあるものと考えられる。目撃情報の活用可能性の検討を踏まえながら、そうした事例も含め突風事例を蓄積することが重要である。

精確な評定結果の蓄積は、「突風危険指数」の統計的予測式の改良を通じて突風予測精度の向上につながる（第13図）。また、「竜巻注意情報」の捕捉率や適中率などの検証結果の信頼性を確保する上でも重要である。突風事例の強度の評定は、F1以上など突風の強度予測の技術開発を行うために不可欠である。さらに、蓄積された突風事例は国や自治体等が防災に関わる計画等を策定する際の基礎データとしても重要である。



第13図 突風事例データの確実・精確な蓄積と統計的予測手法や判定基準の見直し（イメージ）

○事例の蓄積等を踏まえた統計的予測手法や判定基準の見直し（継続）

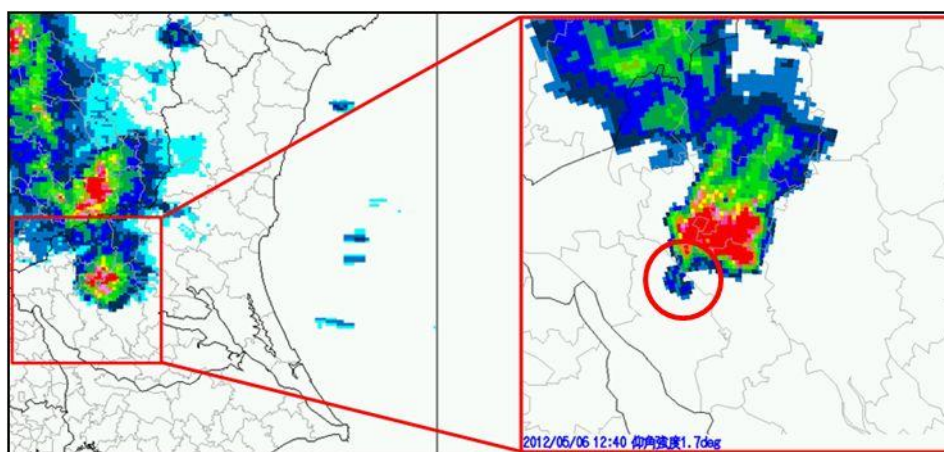
竜巻等突風の予測精度を向上させるためには、「突風危険指数」の統計的予測式や判定基準の最適化・精緻化が必要である。それには、できるだけ多くの突風事例を使って統計的予測式や判定基準を求めることが有効である。前述したとおり（第一部「5. 竜巻等突風現象の監視・予測技術の現状（2）」竜巻注意

情報」発表に関わる技術開発の経過」参照)、平成 24 年 3 月 23 日には事例の蓄積を踏まえて、捕捉率・適中率を向上するため、「竜巻発生確度ナウキャスト」運用開始後初めて「突風危険指数」の統計的予測式や判定基準の改善を実施している。

今後も、さらなる事例の蓄積に応じて統計的予測手法や判定基準の改善を適時に行うとともに、次項以下で述べるレーダー観測技術の向上や数値予報の高度化の成果を取り入れて、統計的予測手法や判定基準の改善に取り組む必要がある。

○レーダー観測技術の改善（継続）

気象庁は、平成 25 年度に計画しているレーダー観測システムの機能強化により、気象ドップラーレーダーにおける雨量観測データの解像度を現在の 1km から 250m へと高める予定である^{※2}。これにより、竜巻を起こしうる発達した積乱雲域などでより詳細な雨量実況データを得られるようになる。これを機にレーダーデータの品質管理手法を高度化して観測値の詳細化と品質の向上を進め、さらに、雲内の渦パターンの認識や、フックエコー等の降水域の特徴的な形状を検出する技術を改良し、「レーダーエコー指数」や「メソサイクロン自動検出」の最適化、高精度化を図っていくことが必要である（第 14 図）。



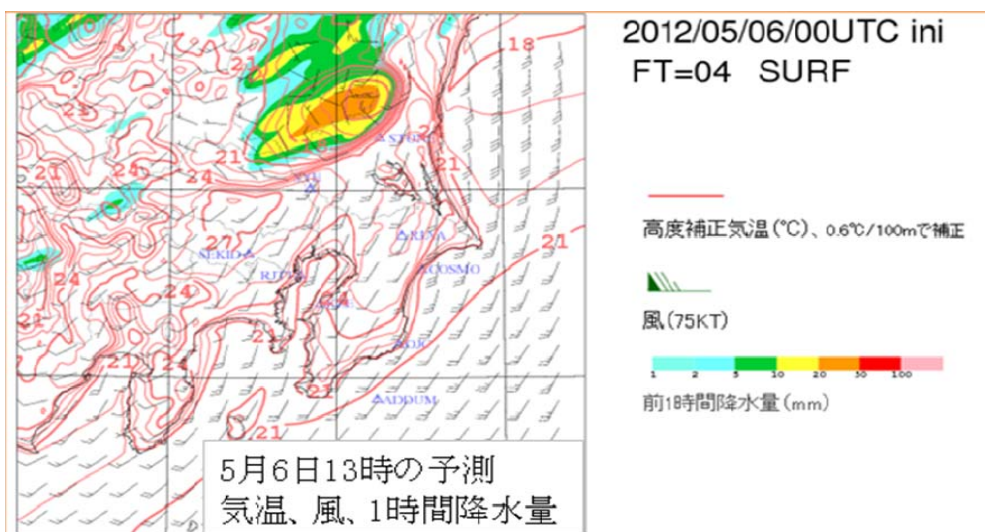
第 14 図 メソサイクロン検出アルゴリズムの高度化（イメージ）。降水強度データの高分解像化によりフックエコー（右図赤丸内）等の形状情報を抽出。

^{※2} メソサイクロン自動検出に関わる風速観測の解像度は従前から 250m である。

○局地モデルの利用とモデル改良による改善（新規）

気象庁は、平成 24 年 6 月から運用を開始したスーパーコンピュータシステムを用いて、局地的な大雨など、従来予測の難しかった規模の小さな現象の予測の向上を目的とした「局地モデル（計算に用いる格子間隔が 2km の数値予報モデル）」の開発に取り組んでおり、平成 25 年度より全国的な運用を開始する予定である（第 15 図）。格子間隔を 2km とすることで、従来のメソモデル（格子間隔 5km）では表現できなかった水平規模 10km 以上の積乱雲が表現可能となり、それによってもたらされる局地的な大雨の予測などについて精度向上が期待される。

新しい局地モデルの予測を用いて精緻で高精度な「突風関連指数」を算出することにより竜巻等突風予測の精度向上が期待できる。さらに、局地モデルによる積乱雲の予測結果から得られる地表付近の気温や風の場合などの情報を、竜巻等突風の発生ポテンシャル予測に新たに利用する手法の開発など、精緻化・高精度化する数値予報モデルの予測を活用した突風予測の改善を目指す必要がある。



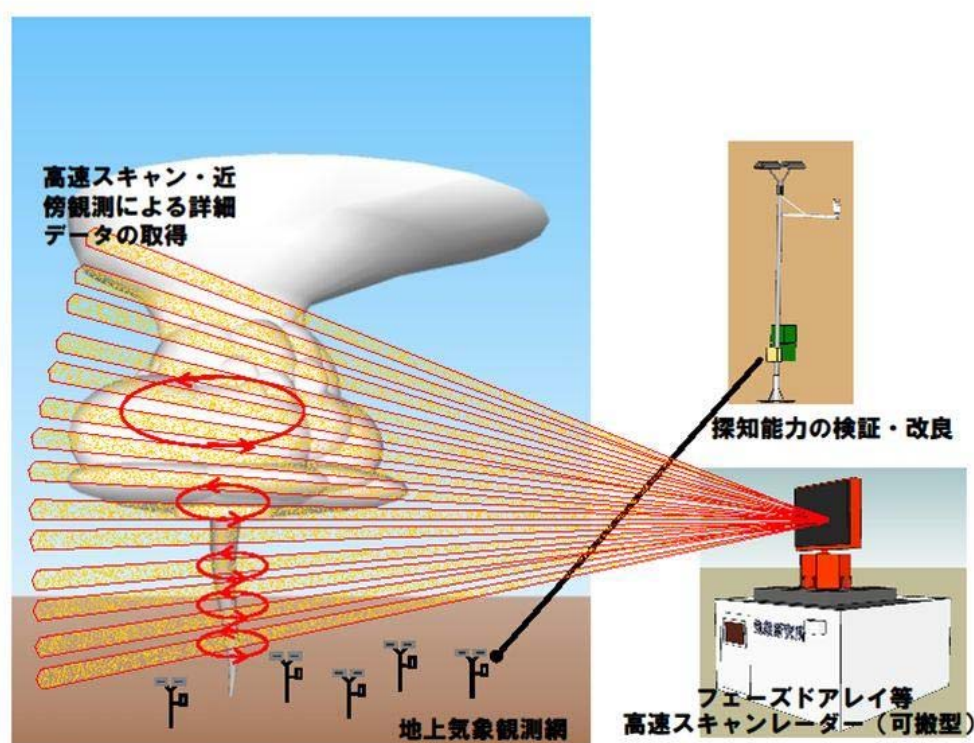
第 15 図 開発中の局地モデルによる予測結果の例

(2) 中長期的課題

現在の予測手法のさらなる改善のため、また、新たな予測手法の技術開発や、その前提となる突風現象の機構解明につながる調査研究など、今後数年から十数年にわたる中長期的な視点に立って推進していくべき調査研究・技術開発の課題は次のとおりである。

○他機関レーダー等の活用のための研究開発推進

国土交通省は局地的大雨等に対する適切な河川管理や防災活動をおこなうため、都市域を中心に高頻度高分解能での観測が可能な XRAIN (XバンドMPレーダーネットワーク) を展開しており、気象庁は XRAIN を利用した降雨予測の技術開発を進めている。XRAIN のドップラー観測や二重偏波観測は竜巻等突風予測にも活用可能とみられることから、過去の事例を用いた事例解析的研究や統計的検証を通じて、その利用可能性を調査する必要がある。これにより、「レーダーエコー指数」や「メソサイクロン自動検出」の精度向上が見込まれる。



第16図 フェーズドアレイ気象レーダーの実用化研究

○次世代気象レーダーの実用化研究

発達した積乱雲を時間的、空間的に極めて詳細に観測し竜巻等の突風発生に至る過程を明らかにするため、レーダー観測の空間解像度を高めるとともに、高速で観測ができるフェーズドアレイ気象レーダー等の実用化研究を推進する必要がある（第16図）。また、二重偏波レーダーの観測から竜巻に関連する特徴を検出する手法の開発を進めるべきである。これには、高密度の地上観測網のデータ等を用いたレーダー観測技術の検証・改良も必要である。

これらの研究により、竜巻等突風の予測技術の高度化・高精度化が期待できる。

○超高解像度数値予報モデルの開発

数値シミュレーションによる竜巻等の突風の機構解明、および、竜巻予測の精度向上のため、超高解像度の数値予報モデルを用いた研究を推進していく必要がある（第一部「5. 竜巻等突風現象の監視・予測技術の現状（6）予測的研究の現状」参照）。スーパーセルの特徴であるメソサイクロンを数値予報モデルで再現するためには数百 m の水平解像度が必要であり、竜巻の再現のためには少なくとも数十mよりも高い水平解像度が要求される。このような超高解像度の数値予報モデルで積乱雲の構造の時間発展をより適切に表現可能とするため、モデルの高度化・精緻化を進めていく必要がある。

○高解像度データ同化・アンサンブル手法による突風危険度予測手法の開発

スーパーセルの発生や移動を数値予報モデルで適切に予測するため、格子間隔 2km 以下の高解像度数値予報モデルに精度の良い初期値を提供するデータ同化技術の開発を進める必要がある。また、二重偏波レーダーやフェーズドアレイ気象レーダーなどの観測データ、国土地理院電子基準点の GPS 観測から導出する水蒸気量の空間分布に関するデータ、平成 27 年度から運用開始予定の気象衛星ひまわり 8 号で行う高頻度観測データ、高密度・高頻度の地上観測データなど、さまざまな種類の観測データの利用技術の開発を進める必要がある。

さらに、組織化した積雲・積乱雲群やスーパーセルの定量的確率予測を実現するため、高解像度の数値予報モデルを用いたアンサンブル予報技術の開発と、これを前述のデータ同化技術と組み合わせた高度利用技術の開発が必要である。これによって、竜巻等の突風の危険度を数時間前からよりの確に予測する新た

な予測手法の実現が期待される。

○竜巻等突風の機構解明のための研究推進

強い竜巻をもたらすスーパーセルが発生しやすい大気状態は、米国をはじめとしてその理解はかなり進んでいるが、スーパーセルが発生したときにどのような条件が揃えば竜巻が発生しやすいかについてはまだよくわかっていない。このため、気象レーダー等の観測技術や数値シミュレーション技術を駆使してさまざまな竜巻事例について竜巻の発生機構を解明し、共通する発生要因を明らかにする研究を推進する必要がある。これによって竜巻の発生条件が絞り込まれ、竜巻等突風に関する予測情報の精度向上が期待される。

おわりに

竜巻などの激しい突風はその発生が稀な上に、極めて小規模で発現時間も短い現象であるため、現状の技術はこれを直接監視・予測するに十分でない。「竜巻注意情報」等の精度向上に関わる技術開発は、竜巻に関わる研究調査の現状を踏まえ、関係研究機関等と連携しながら、中長期的視点に立って着実に進められるべきである。

このような現状の予測精度を前提としながらも、予測情報の発表・伝達、利活用に関して様々な改善が可能である。

「竜巻注意情報」は予測精度は低いものの、竜巻等突風の発生可能性に対して科学的に根拠のある情報である。時間経過および突風の発生可能性の高まりに応じて段階的に発表される「気象情報」や「雷注意報」、および、竜巻等突風の可能性が高い場所を分布図形式で示す「竜巻発生確度ナウキャスト」とあわせて、突風被害の防止・軽減に活用されることが望まれる。

発達した積乱雲に伴う現象全般について、これらの中で一体的に注意喚起を行うべきである。このため、これらの情報の名称や発表方法について引き続き検討する必要がある。また、時間経過および突風の発生可能性の高まりに応じて段階的に発表される「気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」の中で、それぞれの情報のリードタイムと精度を踏まえつつ、竜巻等突風に対する注意を繰り返し呼びかけることが望ましい。

一方、突風被害の防止・軽減や予測技術の高度化に資するため、竜巻のより正確な実態把握が重要である。このため、登録通報者による竜巻等の目撃情報の収集とその活用の可能性について検討することが適当である。通報の品質確保のために行うべき通報者への講習等を通じて、地域防災力の向上に寄与する効果も期待できる。また、竜巻の強さの評定に用いているフジタスケールを現在の日本の建築物等に対応させるためのガイドライン等の作成や、発生した竜巻の強さを専門家を交えて迅速かつ的確に評定する仕組みについても検討する必要がある。

「竜巻注意情報」等は住民一人ひとりが竜巻等突風に備えた安全確保行動ととる上で必要な情報であることから、迅速かつ多様な情報伝達手段の確保が必要であり、自治体、報道機関、関係省庁等と連携しつつ普及を図る必要がある。

「竜巻注意情報」等の住民への利活用推進について、効果的な周知啓発用資

料を作成し活用するとともに、関係機関と連携して普及啓発に力を注ぐべきである。

モンスーン帯に位置する四面環海のが国は、風光明媚な四季や豊饒な恵みとともに、台風や集中豪雨に加えて竜巻等突風のリスクにも晒されている風土にある。こうした自然の二面性を踏まえて、災害に備える文化の醸成を図ることが肝要である。

気象庁は、本報告書の提言に沿って、竜巻等の突風に対する監視・予測技術の高度化を着実に推進するとともに、利用者の立場に立って、より分かりやすく使いやすいものとなるよう情報の改善を図り、関係機関と連携して住民への情報伝達や利活用促進に努めるよう期待されている。本提言の実現に向け気象庁が具体的な施策を速やかに策定し、これを推進していくことが強く望まれる。

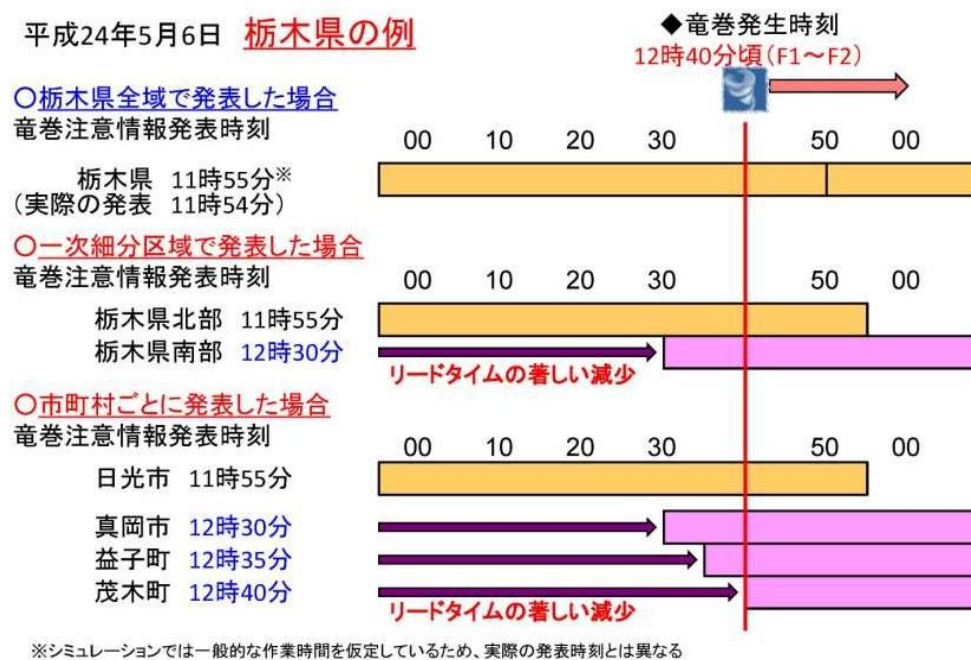
「竜巻注意情報」の発表区域細分化に関する調査

各地の气象台等は「発生確度 2」となった区域（概ね県の区域）に対して「竜巻注意情報」を発表している。竜巻等突風は極めて局地的な現象であることから、県単位の発表では大多数の市町村で情報が空振りとなるため、対象地域をより絞り込んで発表することが望まれる。

そこで、5月6日の栃木県・茨城県を例にして発表区域の細分化に関する調査を実施した。「竜巻発生確度ナウキャスト」で「発生確度 2」が現れたときに、「竜巻注意情報」の発表を次の三種類の区域で行うとどのような違いが表れるかを調べた。

- ・ 県全域（府県予報区）
- ・ 天気予報と同じ細分（一次細分区域：北部、南部など）
- ・ 気象警報・注意報と同じ細分（二次細分区域：概ね市町村の区域）

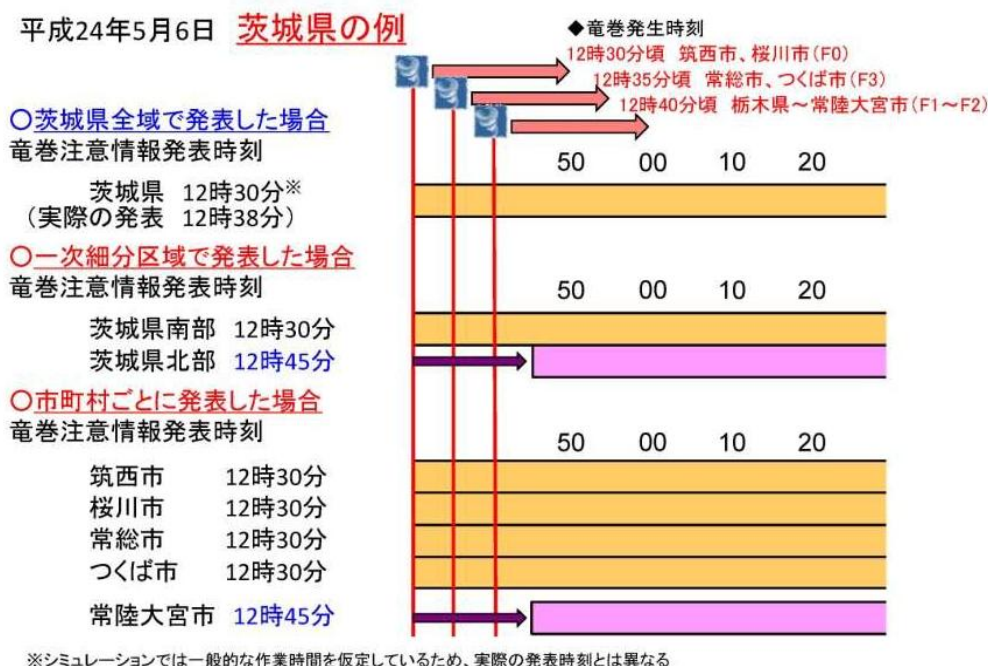
本調査での情報発表時刻は一般的な作業時間を仮定したうえで 5 分刻みとしているので、実際の発表時刻とは異なることに留意が必要である。



第 1 図 発表区域の細分化（栃木県）

まず栃木県についてみると、栃木県全域に「竜巻注意情報」を発表する場合、発表時刻は 11 時 55 分となる。これを、天気予報と同様に北部と南部に細分して発表すると、栃木県北部は 11 時 55 分、真岡市、益子町、茂木町を含む栃木県南部では 12 時 30 分の発表となる。さらに、気象警報と同様に市町村毎に細分して発表すると、11 時 55 分に「竜巻注意情報」が発表されるのは日光市だけとなり、真岡市は 12 時 30 分、益子町は 12 時 35 分、茂木町は 12 時 40 分の発表となる。

真岡市で実際に竜巻が発生したのは 12 時 40 分頃とみられており、その後益子町、茂木町、茨城県常陸大宮市へと移動しながら 13 時 00 分頃にかけて被害をもたらしたとみられている。したがって、竜巻被害が発生した真岡市、益子町、茂木町では、発表区域を細分化することによって、「竜巻注意情報」の発表から被害発生までの時間（リードタイム）が著しく減少することになる。



第 2 図 発表区域の細分化（茨城県）

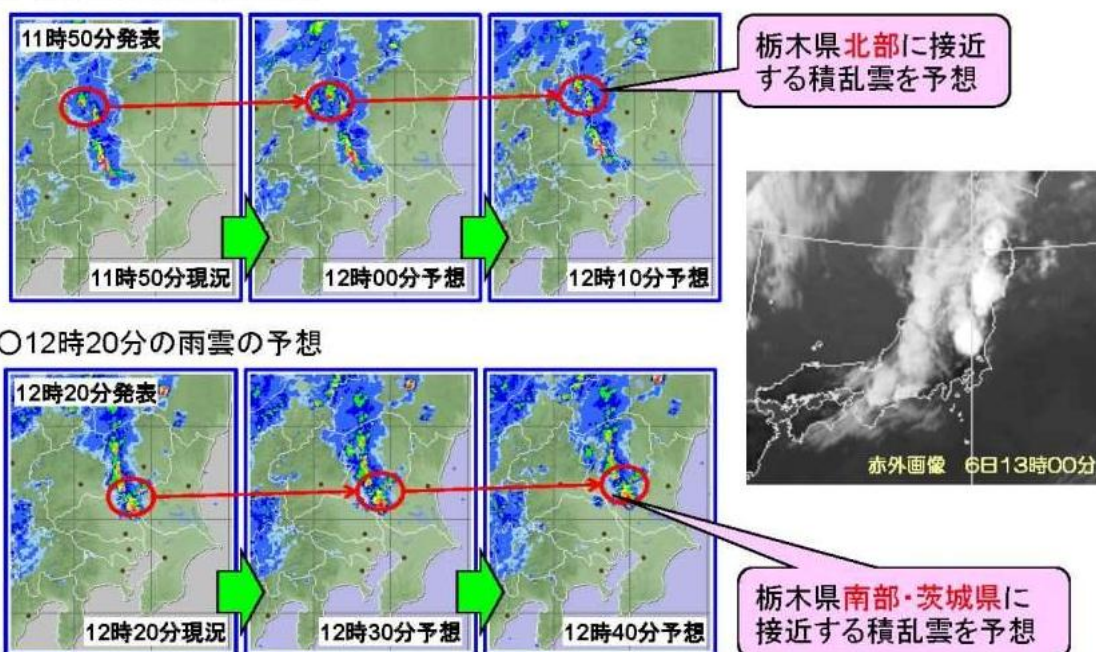
次に茨城県についてみると、茨城県全域に「竜巻注意情報」を発表する場合、発表時刻は 12 時 30 分となる。これを、天気予報と同様に南部と北部に細分して発表すると、茨城県南部は 12 時 30 分、茨城県北部は 12 時 45 分の発表となる。さらに、気象警報と同様に市町村毎に細分して発表すると、筑西市、桜川

市、常総市、つくば市は 12 時 30 分、常陸大宮市は 12 時 45 分の発表となる。

このように、筑西市、桜川市、常総市、つくば市は細分化しても発表時刻は変わらないが、常陸大宮市では細分化によって発表時刻が遅くなりリードタイムが減少することになる。

平成24年5月6日 栃木県・茨城県の例

○11時50分の雨雲の予想



第3図 積乱雲の予想

栃木県全域の竜巻注意情報の発表が 11 時 55 分となったのは、12 時頃に群馬県から栃木県北部に侵入してくる積乱雲に対して「発生確度 2」の判定が得られたことによる。一方、栃木県の発表区域を細分した場合に栃木県南部で竜巻注意情報の発表が 12 時 30 分になるのは、その頃に栃木県南部・茨城県南部に現れた別の積乱雲に対して「発生確度 2」の判定が得られたことによる。また、茨城県の発表区域を細分した場合に茨城県北部で竜巻注意情報の発表が 12 時 45 分になるのは、その頃に「発生確度 2」の積乱雲が茨城県北部に進む予測が得られたことによる。

以上のように、発表区域を細分化することでリードタイムが減少する事例があることが分かった。

発表区域の細分化によって、市町村当たりの発表回数やのべ発表継続時間は少なくなる。5月6日に実際に栃木県に「竜巻注意情報」が発表されていた時間は255分であるが、これを市町村毎に発表すると1市町村あたりののべ発表継続時間は83分に短縮される。真岡市、益子町、茂木町での発表回数も、4回から2回に減少する。一方、栃木県全体での発表回数は4回から12回に増加する。

また、5月6日に実際に茨城県に「竜巻注意情報」が発表されていた時間は354分であるが、これを市町村毎に発表すると1市町村あたりののべ発表継続時間は116分に短縮される。市町村別の発表回数も、筑西市、桜川市、常陸大宮市は5回から3回に、常総市、つくば市は5回から2回に減少する。一方、茨城県全体での発表回数は5回から32回に増加する。

5月6日の例では、発表地域を一次細分区域や市町村ごとに細分して発表した場合も、時間の経過とともに発表地域が広がって行く。市町村ごとに発表した場合は茨城県で95%の市町村に、栃木県で88%の市町村に発表され、一次細分区ごとに発表した場合は、茨城県・栃木県ともにすべての市町村に発表されることになる(第1表)。ただし、今回の例とは異なり県境付近にだけ積乱雲があるような場合は、発表市町村は少なくなると考えられる。

第1表 発表区域を細分した場合の、発表市町村の広がり(5月6日の例)

都道府県	全市町村数	市町村ごとに発表した場合の発表市町村数	市町村ごとに発表した場合の発表市町村割合	一次細分区ごと発表した場合の発表市町村数	一次細分区ごと発表した場合の発表市町村割合
茨城県	44	42	95%	44	100%
栃木県	26	23	88%	26	100%

このように、発表区域を細分化すると個々の積乱雲への追従は向上し、発表地域を絞り込むことができる。1市町村当たりののべ発表継続時間や発表回数は減少する。しかし、「竜巻注意情報」を発表した後も気象状況は刻々と変化し、積乱雲の雲域も速い速度で移動しながら激しく盛衰する。このことから「竜巻注意情報」では、「発生確度2」に達した特定の積乱雲について注意を促すだけでなく、そのような積乱雲が発生するほどその県全域の気象状態が切迫している、県内の別の場所でも今まさに竜巻等突風が発生し得る状態にある旨を呼びかけることで防災上の効果を高める狙いもある。したがって、「竜巻注意情報」

を発表した時には存在しなかった積乱雲が情報発表後に発生発達して突風をもたらすような場合については、細分化によってリードタイムの減少や、出し遅れ事例の増加、捕捉率の低下を招く恐れがあることに留意する必要がある。

今回の栃木県の事例では、別の積乱雲に対して「発生確度 2」が得られたため、栃木県全域で情報を発表した場合にリードタイムが長くなったが、抜本的には、今回の例でいえば 12 時 30 分頃に栃木県南部・茨城県南部に現れる積乱雲に対して、より早い段階から「発生確度 2」の判定が得られるような予測精度の向上に努めることが必要である。

より激しい突風現象を対象とする「竜巻注意情報」に関する調査

「竜巻注意情報」は予想される突風現象の強度を区別していない。対象となる現象を F1 以上など、より激しい現象に絞り込むことができれば、情報の防災効果を高められる可能性がある。

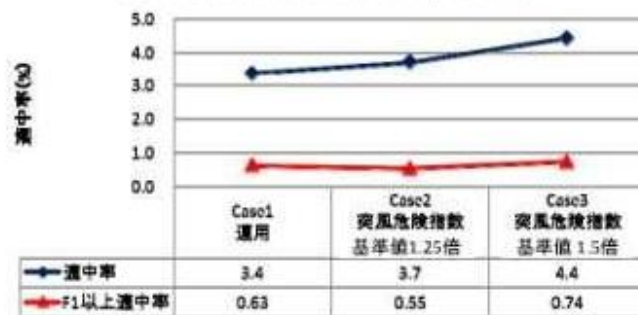
しかし、現行の竜巻発生確度の判定に使われる突風危険指数は、突風現象の強度によらず現象の有無のみを対象として、統計的手法（ロジスティック回帰分析）により算出されている。F1 以上の突風現象を予測対象とするには、新たな統計式の作成が必要であるが、現状では F1 以上の突風事例が極めて少ないため有意な統計式の導出は困難である。

そこで、F1 以上の突風現象を対象として「竜巻注意情報」を発表することが可能かどうか、簡単な調査を実施した。突風危険指数の判定基準を現行の 1.25 倍または 1.5 倍に引き上げて再計算を用い、発表回数や適中率、捕捉率の変化を調査した。対象期間は「竜巻発生確度ナウキャスト」の運用を開始した平成 22 年 5 月から平成 24 年 5 月までの約 2 年間である。



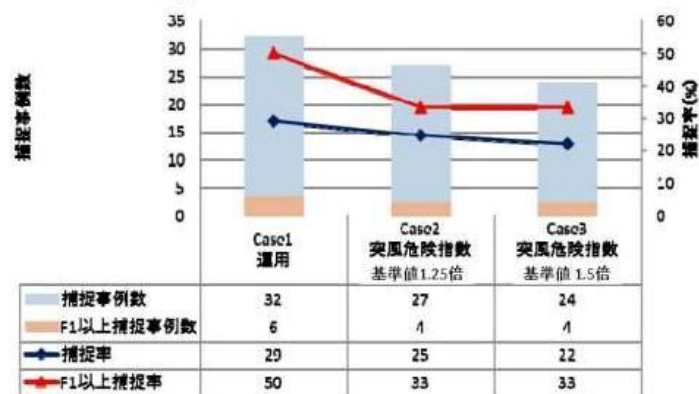
第 1 図 発表回数

適中率(2010.05.27-2012.05.31)



第2図 適中率

捕捉率(2010.05.27-2012.05.31)



第3図 捕捉率

結果を第1図～第3図に示す。判定基準を引き上げることによって、発表回数は減少することがわかる。突風全事例（海上竜巻とF0未満の事例を除く）について見ると、判定基準の引き上げによる発表回数の減少に応じて、適中率の改善と捕捉率の低下がみられるが、これはある程度自明な結果と言える。次に、F1以上の事例に限ってみると、発表回数の減少により非捕捉事例が増加し、このため捕捉率が大きく低下する。一方、適中率は捕捉率の低下と比べて期待されるほどの改善は見られなかった。

すなわち、「竜巻注意情報」の判定基準値を単純に引き上げても、F1以上の突風を絞りこむことにはつながらず、見逃し事例が増加することでかえって適中率が上がらないという結果になった。

第 1 表 F1 以上の突風事例に対する捕捉状況

(F1以上の突風)発生場所	(F1以上の突風)発生時刻	Case1捕捉 (現運用)	Case2捕捉 (基準1.25倍)	Case3捕捉 (基準1.5倍)
栃木県真岡市(F1~F2)	2012/05/06 12:40頃	○	○	○
茨城県筑西市(F1)、常総市(F3)、常陸大宮市(F1~F2)	2012/05/06 12:30頃~13:00頃	○	○	○
鹿児島県徳之島町(F2)	2011/11/18 19:10頃	×	×	×
福岡県久留米市(F0)、福岡市(F1)	2011/08/21 06:10頃~06:41頃	○	×	×
栃木県矢板市(F1)	2011/07/19 10:00頃	○	×	×
三重県津市(F0)、亀山市(F1)	2011/07/18 19:10頃~19:30頃	×	×	×
沖縄県石垣市(F1)	2011/05/28 05:00頃	×	×	×
新潟県燕市(F0)、新潟市(F1)	2010/12/03 15:30頃~15:45頃	×	×	×
茨城県牛久市(F1)	2010/12/03 08:20頃	○	○	○
新潟県胎内市(F1)	2010/10/15 17:00頃~17:05頃	×	×	×
香川県綾川町(F1)	2010/09/23 06:40頃~06:50頃	○	○	○
福島県喜多方市(F1)	2010/07/17 15:15頃	×	×	×

今回の調査で対象となった F1 以上の事例は 12 である。このうち、現行の判定基準で捕捉できたのは 6 事例であったが、判定基準を引き上げたことで 4 事例に減少した（第 1 表）。

上記の結果は、階級別に発生確度を予測するためには、階級別に統計的予測式を定める必要があることを示唆している。

用語集

アンサンブル予報技術	初期値などの計算条件をわずかに変えた数値予測を多数計算し、予報の集合（アンサンブル）から、将来予測の不確実性を定量的に見積もる技術。
エリアメール	ここでは、登録型防災メールとは違い、携帯電話事業者により事前の登録無しで対象エリアのユーザーへ届けられるメールサービスのことを言う。緊急速報メールともいう。
鉛直シア	大気の上層と下層で風向もしくは風速が異なること。または、両者の間の風向風速差のこと。
雷ナウキャスト	雷が発生する可能性及び雷の激しさについて分布図形式で行う予報。10分毎に発表し、1km 格子単位で1時間後（10分～60分先）まで予報する。
気象ドップラーレーダー	降水の分布や強さなどの観測に加え、発射する電波のドップラー効果を利用して上空の風の情報を得る機能も備えた気象レーダー。
局地モデル	現在気象庁で運用しているメソモデル（水平の格子間隔5km）より更に細かい水平格子間隔（2km）の数値予報モデル。
降水ナウキャスト	降水強度について分布図形式で行う予報。5分毎に発表し、1km 格子単位で1時間後（5分～60分先）まで予報する。
シビア現象	発達した積乱雲に伴う落雷、竜巻等の激しい突風、ひょう、局地的な大雨などの激しい気象。
数値シミュレーション	数値予報モデルを使った予測実験や再現実験。
数値予報モデル、	大気や海洋の状態の時間変化を物理学の方程式に従って計算する手順を定めたもの。具体的には、その計算に用いるプログラムを指す。
スーパーセル	積乱雲のうち、メソサイクロンを伴ったもの。
大気環境	ここでは、天気の変化や積乱雲の発生、発達、消滅の原因となる大気の状態を指す。
竜巻注意情報	積乱雲に伴って発生する竜巻やダウンバーストなどの激しい突風に対して注意を呼びかける情報。発表から1時間を有効時間とし、必要に応じ随時発表する。

竜巻発生確度、発生確度	竜巻やダウンバーストなどの激しい突風が発生する（または発生している）可能性の程度のこと。竜巻発生確度ナウキャストの予報要素。
竜巻発生確度ナウキャスト	竜巻やダウンバーストなどの激しい突風が発生する可能性の程度（竜巻発生確度）について分布図形式で行う予報。10分毎に発表し、10km格子単位で1時間後（10分～60分先）まで「発生確度1」と「発生確度2」の2段階で予報を行う。「発生確度1」は概ね適中率1～5%、捕捉率60～70%。「発生確度2」は適中率5～10%、捕捉率20～30%。「発生確度2」が現れた府県には竜巻注意情報を発表する。
データ同化技術	気象に関連するさまざまな種類の観測データを用いて、数値予報モデルの計算に適した初期値を作成する技術。
適中率	情報（ここでは竜巻注意情報）の全発表数のうち、発表期間内で対象区域に実際に現象（ここでは突風）が発生した発表数の割合。一般的には現象の発生数に比べ情報の発表数が多く（少なく）なると、適中率は低く（高く）なり、捕捉率は高く（低く）なる。
突風関連指数	数値予報モデルの計算結果等を用いて、大気的不安定な状態やメソサイクロンの発生しやすい状態を指数化したもの。熱的な不安定度を表す「対流有効位置エネルギー（CAPE）」、突風発生に特有な風の鉛直分布の程度を示す「ストームに相対的なヘリシティ（SReH）」等、多数ある。晴天域も含めた大気の潜在的な状態を示している。
突風危険指数	積乱雲が今現在どのように発達しているかをレーダー観測データから算出した「レーダーエコー指数」と、大気的不安定な状態やメソサイクロンの発生しやすい状態を示す「突風関連指数」を統計的に組み合わせることにより、突風が今まさにどれだけ起こりやすいかを指数化したもの。竜巻型、ダウンバースト型、ALL型の3種類があり、ALL型は竜巻やダウンバースト等を区別せず予測する。竜巻発生確度ナウキャストや竜巻注意情報の発表に用いる。
突風データベース	1961年以降の竜巻やダウンバースト等の突風事例について、気象庁が把握したものをデータベース化したもの。気象庁ホームページで公開している。現象区別や発生日時・場所などの基本的なデータに加え、フジタスケールや死傷者数、住家被害数等の詳細なデータも収録。2007年以降の事例については、気象台等が災害発生後に現地調査を行って結果を取りまとめた資料を作成した場合、これも参考資料として収録。

トルネード	米国の竜巻。米国の竜巻は日本の竜巻と規模、継続時間、発生要因が異なるものが多く、そのことを表すためにここでは英語の読みのままで表記している。
二重偏波レーダー	水平方向に偏って振動する電波と鉛直方向に偏って振動する電波の2種類（二重偏波）を発射して観測する気象ドップラーレーダー。二重偏波を使うことで高精度に降雨強度を推定できるほか、雨粒などの形状に関する情報も得ることができる。
非スーパーセル型	メソサイクロンを伴わないが、竜巻を発生させる積乱雲のタイプのこと。または、そのような場合に発生した竜巻のタイプのこと。
不安定、大気の状態が不安定	局地的な対流活動が起こりやすい大気の状態のこと。上空に寒気が流れ込んだり、下層に暖かく湿った空気が入ったりした場合に生じることが多い。
フェーズドアレイレーダー	平面上に小さなアンテナを多数配置することによって、従来のレーダーで必要であったアンテナの機械的な首振機構を省略できるレーダー。短時間での走査ができるため、観測時間間隔の短縮が可能となる。
府県予報区、府県気象情報	各地の気象台等が担当している予報発表区域を府県予報区という。概ね都府県の区域に相当する。北海道と沖縄県は複数の府県予報区に分割されている。 各地の気象台等が府県予報区を対象に発表する気象情報を府県気象情報という。茨城県の場合は「茨城県気象情報」、栃木県の場合は「栃木県気象情報」となる。
フックエコー	レーダーが出した電波が雨雲に反射して還ってくるので、これをエコーと呼ぶ。フックエコーは竜巻発生時に気象レーダーで観測されることがある“かぎ針”の形をした特徴的な雨雲分布。
プッシュ型	情報が発表されると直ぐに利用者に届けられる伝達方法。
プル型	利用者が必要な時に情報を取得できる伝達方法。
捕捉率	実際に発生した現象（ここでは突風）の総数に対して、当該時刻当該区域に情報（ここでは竜巻注意情報）が発表されていた事象数の割合。一般的には現象の発生数に比べ情報の発表数が多く（少なく）なると、適中率は低く（高く）なり、捕捉率は高く（低く）なる。

竜巻等突風の発生ポテンシャル予測	竜巻等の突風そのものを予測するのではなく、突風が起きやすい気象状況の程度を予測すること。降水確率は降水ポテンシャル予測の一例。
ミズーリ州ジョプリンの竜巻	2011年5月22日に発生した竜巻。最高強度はEF5（改良フジタスケールの階級5）。死者158人、負傷者1000人以上の竜巻災害。単一の竜巻で死者100人以上を記録したのは、1953年6月8日のミシガン州フリントの竜巻以来。
メソサイクロン	竜巻発生の要因のひとつであるスーパーセルと呼ばれる発達した積乱雲の中に存在する小低気圧。数キロメートル規模の大きさを持つ渦である。
メソモデル	日本及びその近海の大気を対象とした気象庁の数値予報モデル。Meso Scale Model (MSM) ともいう。
リードタイム	情報発表時刻と現象発生時刻との時間差。
ロジスティック回帰分析	統計分析手法の一つで、現象の「有・無」を扱うのに適している手法。現象の発生確率と、説明変数（この場合レーダーエコー指数と突風関連指数）との関係を、ロジスティック関数という関数を介して回帰分析を行う。
XバンドMPレーダー	Xバンド（波長約3cm、8～12GHzの周波数帯）の電波を用い、水平方向に偏って振動する電波と垂直方向に偏って振動する電波の2種類の電波（二重偏波）を発射して観測する気象ドップラーレーダー。二重偏波を使うことで高精度に降雨強度を推定できるほか、雨粒などの形状に関する情報も得ることができる。ここでは国土交通省が整備運用している「XRAIN」を指す。

「竜巻等突風予測情報改善検討会」の検討経過等

1. 検討経過

平成24年5月31日 検討会（第1回）

平成24年7月3日 検討会（第2回）

平成24年7月17日 検討会（第3回）

平成24年7月27日 「竜巻等突風に関する情報の改善について（提言）」公表

2. 「竜巻等突風予測情報改善検討会」委員名簿

◎新野 宏	東京大学 大気海洋研究所長
井田 隆一	真岡市長
市原 健一	つくば市長
岩本 裕之	気象振興協議会 (いであ株式会社 バイオクリマ事業部主査研究員)
牛山 素行	静岡大学 防災総合センター准教授
小林 文明	防衛大学校 地球海洋学科 教授
田中 淳	東京大学 総合防災情報研究センター長
谷原 和憲	日本テレビ放送網 報道局マルチニュース制作部長
田村 幸雄	東京工芸大学 工学部建築学科 教授
酒井 泰吉 (第1回) / 長田 恭明 (第2回～第3回)	日本放送協会 災害・気象センター長
野田 徹	国土交通省 水管理・国土保全局 防災課長
藤山 秀章	内閣府政策統括官 (防災担当) 付参事官 (調査・企画担当)
山口 英樹	総務省消防庁 国民保護・防災部 防災課長
渡邊 元尚	国土交通省 大臣官房参事官 (運輸安全防災)

(◎印：座長)

「竜巻等突風予測情報改善検討会」開催趣旨

気象庁では、平成 18 年 9 月の宮崎県延岡市、同年 11 月の北海道佐呂間町の竜巻による被害を受け、有識者による検討会において竜巻などの激しい突風に関する気象情報のあり方とその利活用について検討するとともに、竜巻等の突風に対する監視・予測技術の開発を進め、平成 20 年 3 月から「竜巻注意情報」の発表を、平成 22 年 5 月からは「竜巻発生確度ナウキャスト」の提供を開始した。

竜巻等の突風は、その発現時間が短く、空間的にも極めて小規模であるため、現在の科学技術を用いても現象発現の有無やその場所と時刻を的確に予測することは難しいものである。このことから、「竜巻注意情報」や「竜巻発生確度ナウキャスト」は、突風発生の可能性が通常よりも極めて高い気象状況であることを伝えることにより、突風被害の防止・軽減に資することを目的として発表している。

今般、平成 24 年 5 月 6 日に茨城県つくば市等で竜巻による被害が発生したことを踏まえ、気象庁では、これらの情報の現状並びに住民への伝達と利活用における課題等を整理し、今後の情報の改善に向けた検討を行うこととした。

上記の検討を行うため、学識経験者、報道機関等から構成される「竜巻等突風予測情報改善検討会」を開催する。検討会では、竜巻等の突風に対する監視・予測技術の高度化の可能性及び中長期的な開発の方向性を検討するとともに、竜巻等突風予測情報の発表、伝達のあり方及び住民への利活用推進策等について検討を行うこととする。

なお、気象庁では、この検討会における議論や得られた方向性について内閣府の「竜巻等突風対策局長級会議」にも報告し、意見を求めるなど、関係省庁と連携を図りながら検討を進めることとしている。

■検討内容

- (1) 竜巻等の突風に対する監視・予測技術の高度化の可能性及び
中長期的な開発の方向性
- (2) 竜巻等突風予測情報の発表、伝達のあり方
- (3) 住民への利活用推進策

「竜巻等突風予測情報改善検討会」における意見

1. 第1回検討会（平成24年5月31日）

- 竜巻注意情報の精度向上の取り組みは必要であり、技術開発に期待するが、学問の最先端分野であり、中長期的な課題と認識すべきではないか。
- 米国は竜巻の実況を捉えて情報を発表している。日本で同様の取り組みを検討してみても良いが、日本で発生する竜巻はアメリカのそれと比べて寿命が短いことなどから、そのような取り組みにも限界があることを認識する必要があるのではないか。
- 現在、複数のドップラーレーダーにより高密度の観測を行うことで、次世代の突風監視技術に関する研究を実施している。竜巻を直接観測でとらえることは難しいが、詳細な風の面的分布をリアルタイムで把握することができれば、積乱雲に伴う上空の風の強い領域がどの方向に進んでいくのかを把握できるので、防災対応に有効ではないか。
- 竜巻注意情報を受けて県全域で安全確保行動をとるのは非現実的であり、ピンポイントで安全確保行動をとるべき地域を示す情報が必要である。竜巻発生の実況値が分かれば速報する価値があるが、今の竜巻注意情報はそうになっていない。
- 適切な日本の住宅や建築物の構工法に応じた日本型藤田スケールの検討が必要ではないか。
- 個々の建築物が竜巻被害に遭遇する確率は極めて小さいので、建築物の設計に竜巻への耐風性を考慮することは現実的でない。しかし、市町村の都市防災の対象とすべきではないか。
- 竜巻注意情報のようなトリガー情報は精度が低くても人命確保のためには必要ではないか。
- 竜巻注意情報は、対象地域が県単位で広すぎることで、適中率や捕捉率が低いこと、情報を受けた住民がどのような行動をとるべきか分かりにくいことから、テレビ等で地震や津波の情報と同じように速報的に伝えることは馴染まないのではないか。
- 竜巻注意情報の住民への提供に当たっては、1時間毎に何度も情報を発表して何も

現象が起きないと、受け手が警戒しなくなるという問題があることに留意すべきではないか。

- 竜巻注意情報は精度が低いことから、津波警報や緊急地震速報と分けて議論すべきであり、その上でどのように竜巻注意情報の効果を高めて命を守ることに つなげていくか議論すべきではないか。
- 竜巻発生確度ナウキャストの発生確度が2段階と少ないので、当事者に危機意識を持ってもらうのが難しいのではないか。インパクトのある予報の見せ方や図の使い方 の工夫が必要ではないか。
- 防災メールやエリアメール等を利用した伝達が有効ではないか。
- 各施設における人命の確保の観点では、まず小学校等の教育施設に情報を知らせる ことが必要ではないか。
- 竜巻注意情報に対する国民の認知度がまだまだ低く、より一層の周知啓発が必要で はないか。情報を受けた時に取るべき具体的行動や、発達した積乱雲に伴う現象の 危険性を住民に認識してもらって安全確保行動につなげてもらうことが重要では ないか。
- 一般的には、朝出かける前にテレビ、新聞で気象情報を収集する割合が多く、この タイミングでの注意喚起の情報を充実させる必要があるのではないか。「竜巻等の 突風に注意」とか「頑丈な建物に移動」等の抽象的な表現よりも一歩踏み込んだ情 報を検討すべき。
- 竜巻注意情報の精度が低い現状では、竜巻注意情報だけで行動をとってもらうので はなく、半日～1日先の予測精度が向上していることから、半日～1日前に発表す る気象情報で大気が不安定な状況になることを丁寧に呼びかけていくことが大事 ではないか。
- 雷、ひょう、竜巻が同じ発達した積乱雲に伴う激しい現象であることが「大気の状態が不安定」というキーワードにより国民に浸透しつつある。これらの現象への注 意の呼びかけを竜巻注意情報だけでなく情報体系全体の中でどう対応するのか考 えるべきではないか。

- 竜巻注意情報の発表対象地域が広域にわたることから、竜巻注意情報が発表されていて、天気がよい状況、黒い雲、雷や雹（ひょう）などの前兆現象が現れた状況、まさに竜巻が接近している状況など、受け手の状況を何段階かに分け、それに応じてとるべき行動を整理し、周知すべきではないか。
- コンクリート建物や壁の多い所へ避難する、あるいは雨戸、シャッター、カーテンを閉めるなどコストの小さい対応でも、飛散物から身を守るのに有効であることを周知すべきではないか。
- 竜巻に対して脆弱な施設や環境では、そうでない場合と比較して、とるべき対応や情報の使い方が異なることを周知啓発すべき。
- 竜巻注意情報を受けてからの対応時間は時間的に限られたものであるため、平時における啓発として、安全確保行動のあり方について気象庁ホームページやパンフレット以外のスタイルでの伝え方を議論すべきではないか。その際、周知・啓発に関する多くの知見や経験を有する広告代理店等のアイデアを使うことも検討すべきではないか。

2. 第2回検討会（平成24年7月3日）

- 災害情報にあっては、「利用者の意見や意向が常に正しく、それに従う必要がある」と考えるべきではない。災害情報は技術的な成果であり、技術的に不可能なことは、例え利用者が希望しても対応できないことを説明すべき。利用者の考えを踏まえつつ、技術的に妥当な情報を構築する必要があるのではないか。
- 竜巻という言葉が先行してしまうと、人々は竜巻の有無だけを気にしてしまう。発達した積乱雲に伴い発生する現象全体について注意喚起を行い、その中の1つとして竜巻が発生するおそれがあることを強調するなど、どの現象のおそれがあるのかについて力点を置いた情報発信をする方がいいのではないか。
- 発達した積乱雲に伴い発生する現象全体について、アメリカでは「シビアストーム」という言葉でまとめているが、日本では適切な言葉がなく、それを考えていく必要があるのではないか。

- 竜巻注意情報はもっと発表対象区域を絞り込めると思われるが、実際には県全体を対象区域としているところが理解されないのではないか。最初から県単位という発想ではなく、今の技術で可能な範囲でもう少し地域を絞り込むべきではないか。
- 竜巻注意情報は、メソサイクロンが検出された場合だけではなく、突風が発生しやすい大気環境場であることを示す指標が高い場合でも発表していることから、発表対象区域を必ずしも絞り込めない場合もある。このため、発表対象区域の絞り込みは今後の研究課題ではないか。
- 雷注意報を発表した後で、さらに竜巻等の突風の発生の可能性が高まったときに発表される「竜巻注意情報」を受けたときの防災行動が「空の様子に注意しよう」という負担の少ない行動としているのは疑問である。竜巻注意情報の精度が低い状況の中で、竜巻注意情報と防災行動の対応を今一度整理したうえで、竜巻注意情報が何のためにあるのかを整理すべき。
- 空の様子に注意を促す情報である「竜巻注意情報」の発表方法の検討において、リードタイムの検討は必要なのか。それよりも、県全体を対象に発表することで、情報が空振りとなった地域がどのくらいあったかを評価して、その地域に対するメリット・デメリットも含めて発表対象区域を検討すべきではないか。
- 突風に対して脆弱な建物にいる場合、建築現場など不安定な状況で作業している場合など、人命を重視して安全確保や避難をするための直前情報の必要性があるのではないか。
- 「竜巻発生確度ナウキャスト」を市町村毎にプッシュ型に加工して通知することで、実質的な細分化が図られるであろう。
- 今回の検討会で新たに決めた事項と、従来から取り組んでいることを改めて強調している事項は分けて整理すべきではないか。
- 目撃情報の活用可能性の検討は、1つの改善の方向性を示すものであるが、実現はかなり難しい面があるのではないか。竜巻の発生頻度はかなり低いため、実現するのであれば、洪水や土砂災害を含めた気象災害全般の目撃情報を活用するようすべきではないか。さらに、品質確保が重要なものである。これについては、防災対策全般における既存の研修制度とセットで検討すべきものであり、地方自治体の防災担当者に対する研修制度の拡充とも関連づける等、既存の研修制度を集約して確

実なものとするべきではないか。

- 竜巻注意情報を受けた住民は、竜巻の発生確率が高くなっていると捉えると考えられ、竜巻注意情報を発表するという事は、住民に竜巻に対する防災対応をとることを求めるものであるため、精度のより高い情報を迅速に発表できるよう努める必要があるのではないか。また、アメリカ合衆国の気象当局では、気象警報を発表する際にはどのような被害が発生するのかを推測して発表しているということから、そのようなことも含めて発表すべきではないか。
- 竜巻発生確度ナウキャストについて、それを見た人の行動心理面を考慮したうえで、いかにインパクトを持たせて面的にビジュアル的に見せていくかを検討する必要があるのではないか。例えば降水ナウキャストの画面に竜巻発生確度ナウキャストを重ねて表示する等、見せ方の工夫を進化させていくことが重要ではないか。

3. 第3回検討会（平成24年7月17日）

「竜巻等突風に関する情報の改善について（提言）（案）」に対する意見

【第一部について】

- 住民訪問調査結果の記述において、竜巻到達前の不適切な対応行動についても強調して記述しておくべき。
- 竜巻等突風予測情報の利活用に関する普及啓発の現状についての記述において、「情報の発表と連動して具体的な安全確保行動を執ることは適切でない。」と書かれているが、脆弱な環境にいる人は安全確保行動を執るべきであることから、そのことも記述すべき。
- 竜巻注意情報の利用法として「空の様子に注意するなどの負担の小さい対策から実施することが適当」と書かれているが、同情報発表直後に竜巻が近づいている場合など、状態によっては安全確保行動を執るべきであることも含めた記述に修正すべき。

【第二部「1. 竜巻等突風予測情報の発表、伝達のあり方」について】

- 「(3) 迅速、多様な情報伝達手段の確保」について、アンケートによってテレビ、ラジオから情報を入手する人が多いことが分かったため、テレビ、ラジオによる情報提供方法について、もう少し掘り下げた提案はできないか。例えば、朝のテレビ

の天気予報において、大気が不安定な状態が予想される場合には竜巻等突風の可能性が高いため気象情報をこまめにチェックしてほしい、と放送すべき、等の提案ができないか。

- 日中高温が予想され、さらに大気が不安定な場合には、朝のニュースにおいて熱中症だけではなく竜巻等の突風にも注意を呼びかけており、このような呼びかけに対する住民の方々の意識が高まるように周知・広報すべきではないか。
- 目撃情報の活用可能性の検討は、今回の検討会の主たる結論ではないと考えている。
- 雷注意報の名称変更には反対であるが、慎重に検討する、という結論であればそれを明確に記述すべき。
- 竜巻注意情報の発表対象区域の細分化と、竜巻発生確度ナウキャストを市町村毎にプッシュ型に加工してメール等で通知するサービスの普及が対になっていることを明記した方がいいのではないか。
- 気象庁は警報、注意報、気象情報、竜巻注意情報と名称を使い分けているが、受け手はおそらく予報だと受け止めており、工学の立場からは、人命を救おうとなると予報が必要で、予測ができていないと行動がとれない。竜巻注意情報は注意報ではない、と言い切ることがいいのかどうか利用者側として疑問。
- 竜巻発生確度ナウキャストの発生確度の階級について改善を検討する、と書かれているが、住民としては注意情報と注意報の違いも認識しにくいので、階級の更なる多層化は適切ではないのではないか。精度が低い情報を予報と見なすか、予報ではなく情報と言い切るか、大胆な決断が必要ではないか。
- “雷注意報級”、“気象情報級”のレベルを追加するなど「発生確度」の階級や表示方法について改善を検討すべき、と書かれているが、ここの文章はリードタイムを長くする方向の改善を検討する、と読めてしまう。これは受け手の心理的インパクトが強くなる方向の改善も検討することも読めるようにすべきではないか。

【第二部「2. 竜巻の実態把握の強化」について】

- 竜巻の目撃情報の通報をどこが受けるのかを明記すべきではないか。
- 目撃情報の通報を受けるのは自治体には無理なのか。日本の竜巻の継続時間は短い
ため、情報の住民への迅速な伝達の観点から自治体や消防署が受けるべきではないか。
- 竜巻で被害が発生したという情報が消防署や市町村に寄せられることはある。特に消防には 119 番で通報されることになる。そういった情報をどう活用できるか、気象台と連携できないか検討することは必要ではないか。

- 現場の市町村には既に軽微なものから重篤なものまで不特定多数の不定形な大量の通報が来ている。このため、現場では処理しきれなくて重要な判断ができず、対応が遅れていく、ということが起こっているのが実情。このため、かなり難しいとは思いますが、不特定多数から情報を集めるのではなく、気象庁が中心になり、研修を受けた組織化されたメンバーから情報を集める体制の構築を目指すべきではないか。
- 竜巻の強さの評定に関する改善について、この提言案に書かれているとおり、フジタスケールそのものを変更するのではなく、対象とする建物等を日本の実情に合わせて評価するよう改善するのがよいのではないか。これには日本風工学会だけではなく、日本建築学会など建築物の専門家に協力してもらうのがよいのではないか。

【第二部「3. 住民への利活用推進策」について】

- 予測精度の飛躍的な向上も俄かに実現は難しい、と書かれているが、竜巻被害を受けた市町村としては、住民の被害軽減のため、竜巻の予測精度を上げてもらうことが一番の要望。予測精度の向上が困難であることは理解しているが、提言を出すのであれば、予測精度向上に努力することを前向きに明記すべきではないか。
- 巻注意情報を県全体に発表するだけでなく、その情報の中で、竜巻発生確度ナウキャストの発生確度の高い範囲とその移動の見通しも示したり、同ナウキャストの確認を促したりする等の改善を行うことを明記すべきではないか。
- 竜巻発生確度ナウキャストの利用はこれまでも気象庁が推奨しているものであるため、この提言でも強く推奨すべき。
- 国土交通省の防災情報提供センターは携帯電話やスマートフォンにも対応している表示スピードが速いことから、同センターの利用も宣伝すべきではないか。
- 竜巻注意情報を市から住民へ伝えるタイミングの判断が難しいため、地方自治体にどの時点で周知すべきかを示すガイドラインのようなものを用意すべきではないか。
- 一般住民への広報と地方自治体への情報提供は別に議論すべきである。地方自治体は、住民に広報する義務があり、地方自治体から住民へより効果的な広報をするためには、气象台から地方自治体へホットライン等でより詳しい状況や住民へ提供すべき情報の内容を事前に伝えるようにすべきではないか。
- 竜巻の前兆現象のビデオ映像について、アメリカと違って日本では竜巻を発生させる雲の映像がほとんどないため、集める努力をすべきではないか。
- 平常時から竜巻に備えた対策を講じること、と書かれているが、個々の住宅が竜巻に遭遇する確率は極めて小さいため、この書きぶりでは賛同を得にくいと考えられる。窓ガラスへのフィルム貼付や合わせガラスの導入は、竜巻だけではなく、通常

の強風にも有効な対策であることを追記すべきではないか。

- 窓ガラスへのフィルム貼付や合わせガラスの導入は、地震対策にも有効であることを追記すべきではないか。
- 積乱雲の画像が掲載されているが、これは一般住民が見る視点とは違って高いところから撮影されていると思われるため、路上からの視線での積乱雲の画像を掲載すべき。
- 積乱雲の画像の意味するところを分かりやすく記述すべきではないか。

【第二部「4. 予測精度向上に向けた短期的、中長期的施策の推進」について】

- 気象ドップラーレーダーのデータ解像度を現在の 1km から 250m へと高めることによる効果として、雲の渦のパターンの認識精度やフックエコー等の降水域の特徴的な形状を検出する精度が向上することを分かりやすく書くべきではないか。
- 竜巻等突風の予測精度向上に向けた個々の技術・研究開発の項目が何を目標にしているのかを明記した方が分かりやすいのではないか。

平成24年5月5日～6日の気象情報、雷注意報、竜巻注意情報の発表状況

●茨城県（水戸地方気象台発表）

5月6日（日）

- 05時35分 雷と突風及び降ひょうに関する茨城県気象情報第1号
- 05時47分 雷注意報
- 12時38分 茨城県竜巻注意情報第1号
- 13時54分 茨城県竜巻注意情報第2号
- 15時10分 茨城県竜巻注意情報第3号
- 16時06分 茨城県竜巻注意情報第4号
- 17時13分 大雨と雷及び突風に関する茨城県気象情報第2号
- 17時19分 茨城県竜巻注意情報第5号
- 20時47分 雷注意報解除
- 21時04分 大雨と雷及び突風に関する茨城県気象情報第3号

●栃木県（宇都宮地方気象台発表）

5月5日（土）

- 17時08分 雷と突風及び降ひょうに関する栃木県気象情報 第1号

5月5日（日）

- 05時24分 雷と突風及び降ひょうに関する栃木県気象情報 第2号
- 06時06分 雷注意報
- 11時54分 栃木県竜巻注意情報第1号
- 12時50分 栃木県竜巻注意情報第2号
- 14時11分 栃木県竜巻注意情報第3号
- 15時11分 栃木県竜巻注意情報第4号
- 17時02分 大雨と雷及び突風に関する栃木県気象情報第3号
- 19時38分 雷注意報解除

【茨城県（水戸地方気象台発表）】

○ 当日朝の府県気象情報の中で「竜巻」に言及

雷と突風及び降ひょうに関する茨城県気象情報 第1号
平成24年5月6日05時35分 水戸地方気象台発表

（見出し）

茨城県では、6日は上空に強い寒気が流れ込む影響で大気の状態が非常に不安定となり、広い範囲で雷雲が発達する見込みです。落雷や竜巻などの激しい突風、降ひょうに注意してください。土砂災害にも注意が必要です。

（本文）

〔気圧配置など〕

6日は、東日本の上空約5500メートルに、氷点下21度の強い寒気が流れ込むでしょう。また、日本海の低気圧に向かって南から暖かく湿った空気が流れ込むため、日中は内陸を中心に最高気温が25度以上まで上昇する見込みです。

このため、茨城県では、大気の状態が非常に不安定となり、6日昼前から7日未明にかけて広い範囲で雷雲が発達する見込みです。

〔防災事項〕

落雷や竜巻などの激しい突風、急な強い雨のおそれがありますので屋外活動などには注意してください。また、降ひょうのおそれもありますので農作物の管理などにも注意してください。

6日夕方から夜のはじめ頃にかけて、1時間に20ミリの強い雨の降る所がある見込みです。低い土地の浸水、河川の増水に注意してください。また、これまでの雨により地盤の緩んでいる所がありますので、土砂災害にも注意してください。

〔補足事項〕

今後、気象台の発表する注意報、気象情報等に留意してください。

東北地方太平洋沖地震に伴い、揺れの大きかった一部の地域には、大雨警報・注意報基準を引き下げた「暫定基準」を適用しています。

次の「雷と突風及び降ひょうに関する茨城県気象情報」は6日17時頃に発表する予定です。

○ 雷注意報の中で「竜巻」に言及（電文はつくば市の例）

平成24年5月6日5時47分 水戸地方気象台発表

茨城県の注意警戒事項

茨城県では、強風や高波、竜巻などの激しい突風、急な強い雨、落雷に注意して下さい。

=====

つくば市 **【発表】 雷，強風注意報**

雷 注意期間 6日昼前から 7日未明まで

風 注意期間 6日昼過ぎから 6日夜のはじめ頃まで

南の風

最大風速 12メートル

付加事項 竜巻 ひょう

○ 竜巻注意情報

茨城県竜巻注意情報 第1号

平成24年5月6日12時38分 水戸地方気象台発表

茨城県では、竜巻発生のおそれがあります。

竜巻は積乱雲に伴って発生します。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、6日13時50分まで有効です。

茨城県竜巻注意情報 第2号

平成24年5月6日13時54分 水戸地方気象台発表

茨城県では、竜巻発生のおそれがあります。

竜巻は積乱雲に伴って発生します。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、6日15時00分まで有効です。

以下、略

【栃木県（宇都宮地方気象台発表）】

○ 前日夕方の府県気象情報の中で「竜巻」に言及

雷と突風及び降ひょうに関する栃木県気象情報 第1号
平成24年5月5日17時08分 宇都宮地方気象台発表

（見出し）

栃木県では、6日は上空に強い寒気が流れ込む影響で大気の状態が不安定となり、雷雲が発達する見込みです。落雷、竜巻などの激しい突風、降ひょうに注意して下さい。また、土砂災害にも注意して下さい。

（本文）

〔気象状況〕

6日は、東日本の上空約5500メートルに、氷点下2.1度の強い寒気が流れ込むでしょう。また、日中は最高気温が25度以上まで上昇する所がある見込みです。

このため、栃木県では大気の状態が不安定となり、雷雲が発達する見込みです。

〔雨の予想〕

6日夕方から夜のはじめ頃にかけて、断続的に雷を伴い1時間に30ミリの激しい雨の降る所があるでしょう。

〔防災事項〕

落雷や竜巻などの激しい突風、急な強い雨、降ひょうに注意して下さい。また、3日から4日にかけての大雨により地盤が緩んでいる所がありますので、土砂災害にも注意して下さい。

〔補足事項〕

東北地方太平洋沖地震に伴う地盤の緩みを考慮し揺れの大きかった市町については、大雨警報・注意報の土壌雨量指数基準を通常基準より引き下げた暫定基準で運用しています。

今後、気象台の発表する警報、注意報、気象情報に留意して下さい。

次の「雷と突風及び降ひょうに関する栃木県気象情報」は6日6時頃に発表する予定です。

○ 当日朝の府県気象情報の中で「竜巻」に言及

雷と突風及び降ひょうに関する栃木県気象情報 第2号
平成24年5月6日05時24分 宇都宮地方気象台発表

(見出し)

栃木県では、6日は上空に強い寒気が流れ込む影響で大気の状態が非常に不安定となり、雷雲が発達する見込みです。落雷、竜巻などの激しい突風、降ひょうに注意して下さい。また、土砂災害にも注意して下さい。

(本文)

[気象状況]

6日は、東日本の上空約5500メートルに、氷点下21度の強い寒気が流れ込むでしょう。また、日本海の低気圧に向かって南から暖かく湿った空気が流れ込むため、日中は最高気温が25度以上まで上昇する所がある見込みです。

このため、栃木県では大気の状態が非常に不安定となり、雷雲が発達する見込みです。

[雨の予想]

6日昼過ぎから夕方にかけて、雷を伴い1時間に30ミリの激しい雨の降る所があるでしょう。

[防災事項]

落雷や竜巻などの激しい突風、急な強い雨のおそれがありますので、屋外活動などには注意して下さい。また、降ひょうのおそれもありますので農作物の管理などにも注意して下さい。

3日から4日にかけての大雨により地盤が緩んでいる所がありますので、土砂災害にも注意して下さい。

[補足事項]

東北地方太平洋沖地震に伴う地盤の緩みを考慮し揺れの大きかった市町については、大雨警報・注意報の土壌雨量指数基準を通常基準より引き下げた暫定基準で運用しています。

今後、気象台の発表する警報、注意報、気象情報に留意して下さい。

次の「雷と突風及び降ひょうに関する栃木県気象情報」は6日17時頃に発表する予定です。

○ 雷注意報の中で「竜巻」に言及（電文は真岡市の例）

平成24年5月6日6時6分 宇都宮地方気象台発表

栃木県の注意警戒事項

栃木県では、6日昼過ぎから6日夜遅くまで強風や竜巻などの激しい突風、急な強い雨、落雷に注意して下さい。

=====

真岡市 **【発表】 雷, 強風注意報**

雷 注意期間 6日昼過ぎから 6日夜遅くまで

風 注意期間 6日昼過ぎから 6日夜遅くまで

南の風のち北の風

最大風速 12メートル

付加事項 竜巻 ひょう

○ 竜巻注意情報

栃木県竜巻注意情報 第1号

平成24年5月6日11時54分 宇都宮地方気象台発表

栃木県では、竜巻発生のおそれがあります。

竜巻は積乱雲に伴って発生します。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、6日13時00分まで有効です。

栃木県竜巻注意情報 第2号

平成24年5月6日12時50分 宇都宮地方気象台発表

栃木県では、竜巻発生のおそれがあります。

竜巻は積乱雲に伴って発生します。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、6日14時00分まで有効です。

以下、略