

Risk Management Report

[防災調査の現場から 第 18 回]

皆様が抱えている様々なリスクに対し、弊社では最適な保険をご提供するとともに、罹災自体の発生軽減対策もあわせてご提案致します。今回のテーマは“竜巻発生のメカニズム”です。

今回は「竜巻発生のメカニズム」についてです。竜巻は何処で出来るのか、どのように出来るのか、何故渦を巻くのか？分からないことばかりですが、以下の通り調べてみました。

竜巻発生のメカニズム

1. 竜巻は何処で発生するの？

右図は台風の進行方向右側部分で竜巻が発生している様子を表したものです。

日本では台風に伴って発生する竜巻の割合が多く、竜巻の全発生数の 1/4 を占めていると言われています。

具体的には、台風進行方向の前方右側で発生することが多く、しかも台風の中心から半径数 100km も離れた積乱雲の列の下、アウター(レイン)バンドで 90%発生すると言われています。

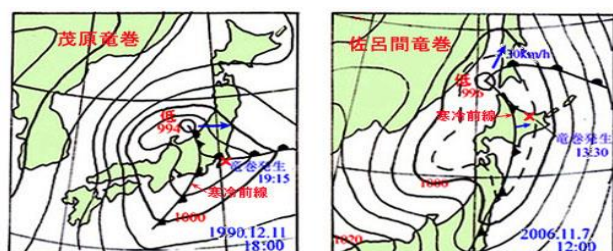
(右図: <台風の断面図> 黒線枠内参照)

気象庁の過去のデータでは、竜巻は台風、低気圧、前線等によって出来た積乱雲が発達した時、あるいは上空に寒気と下層に暖かい空気のある不安定な大気状態となった時に発生し易くなるという結果が示されています。

竜巻がどのような被害をもたらすか、下図は 1990 年 12 月 11 日に千葉県茂原市で発生した竜巻と 2006 年 11 月 7 日に北海道佐呂間町で発生した竜巻の発生時の天気図です。

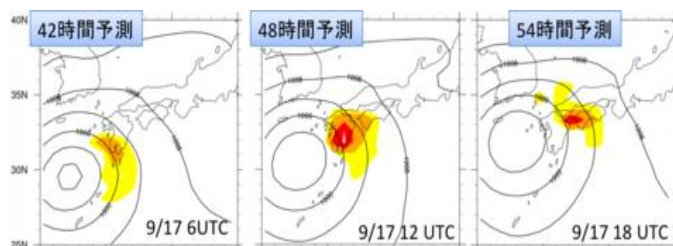
茂原市で発生した竜巻は、約 7 分間のうちに市の中心部を縦断して、幅 1.2km、長さ 6.5km に及ぶ範囲で、死者 1 名、負傷者 73 名、建物の全壊・半壊 243 戸、一部損壊 1,504 戸の被害をもたらし、佐呂間町で発生した竜巻は、僅か 1 分間の間に幅 100m~300m、長さ 1.4km の範囲で死者 9 名、負傷者 31 名、建物の全壊・半壊 14 戸、一部損壊 25 戸の被害をもたらしました。

【寒冷前線通過時の竜巻例(F3 スケール)】

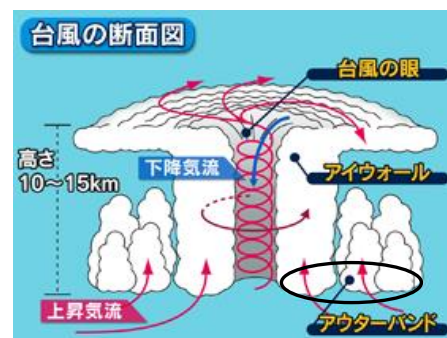


(※1 リスクマネジメント・レポート第 17 回:「竜巻の強さと大きさ(藤田スケール F0~F5)」参照)

【台風内での竜巻発生場所(赤色部分)】



<水谷武司氏「防災コラム: 自然災害に備える」抜粋>



<出展: 日本気象協会>

この 2 つの竜巻は、いずれも発達した寒冷前線の通過時に発生しており、強さの規模は藤田スケール(*1)のレベル 3 (F3) に該当し、日本で発生した竜巻の中では最大クラスとなっています。

2. 竜巻はどうやってできるの？

竜巻は台風、低気圧、前線等によって発生し易いと前述しましたが、台風も前線も無数の積乱雲から形成されており、竜巻はその中の一つひとつの積乱雲が、ある条件を満たした時に発生します。

ここで、竜巻が発生するために必要な4つの条件について説明します。

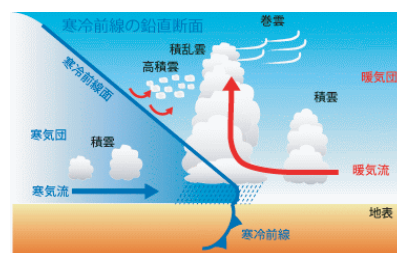
2-1. 積乱雲が発生すること

積乱雲が発生するためには、急激な上昇気流が必要となります。上昇気流は、台風や低気圧の場合は、中心に集まった水蒸気の凝縮熱によって空気が暖められ、上へ押し上げられる時に発生し、寒冷前線(右図参照)の場合は、寒気が暖気の下に潜り込み(温度差)、暖気が上空へ行こうとすることにより発生します。

上空に昇った暖かい水蒸気は、凝縮して雲となり、その凝縮熱により更に上昇し、昇れる限界高度まで達します。

このように急激に発達した積乱雲を一般的に入道雲(又は、シングルセル)と呼んでいます。

【寒冷前線と積乱雲の発生】



< 出典: 気象庁HPより抜粋 >

2-2. その積乱雲が発達すること

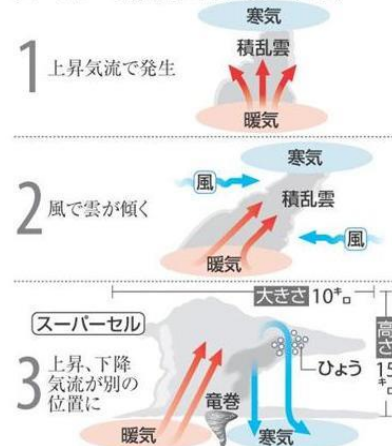
前図の寒冷前線や右図の1のように、通常の積乱雲(シングルセル)が出来ただけでは、上昇気流によって出来た雨は下へ落ち、その雨の後に出来た下降気流は、上昇してくる気流と相殺することになり、最終的に積乱雲は消えてしまいます。

つまり、雨となって一度降ってしまえば、雲は無くなるので竜巻は発生しません。

竜巻が発生する積乱雲になるには、右図の3ように上昇気流と下降気流が分離した構造を持つ、巨大な積乱雲(かなとこ雲)になることが必要となります。

< 出典: 気象庁HPより抜粋 >

スーパーセル発生メカニズム



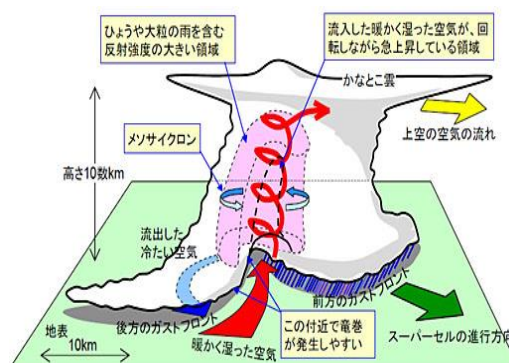
2-3. 積乱雲内にメソサイクロンが発生すること

前述のように、発達した積乱雲の中にメソサイクロン(mesocyclone)と呼ばれる小規模の低気圧(右図の赤線螺旋部分)ができたものを、スーパーセルと呼びます。

スーパーセルの大きさに定義はありませんが、水平規模で数10km~100kmとなります。

このような積乱雲(スーパーセル)となる為には、気温、水蒸気、風の場合といった環境条件が揃う必要があり、特にウィンドシアー(Wind Shear)と呼ばれる風向と風速が、水平または垂直に急変する状態が必要になります。

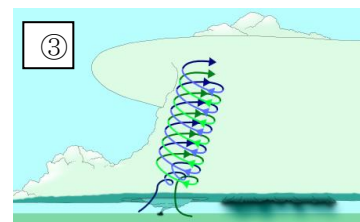
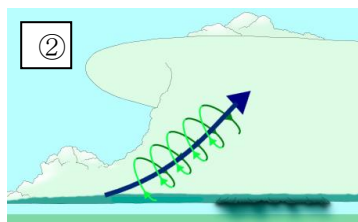
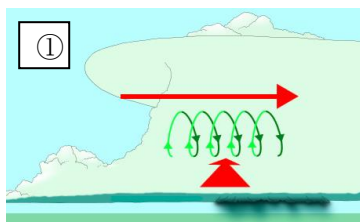
この状態、つまりウィンドシアーが積乱雲の中にあることによって、メソサイクロンが発生し、通常の積乱雲の寿命が短時間なのに対して、衰弱することなく数時間の寿命を持つ積乱雲が生まれることになります。



< 出典: 気象庁HPより抜粋 >

以下にメソサイクロンを発生させる積乱雲内の風の動きを追ってみます。

- ①積乱雲の中では、水平方向(地面と水平)・鉛直方向(地面と垂直)に向きや力の異なる風が同時に吹く現象＝ウィンドシアア(赤色)が多数発生しており、これにより通常的环境風(緑色)が回転し、風の渦を作ります。
- ②積乱雲内の強い上昇気流(青色)が、水平方向に出来た風の渦(緑色)を鉛直方向に持ち上げます。
- ③渦が縦長になり、更に上昇気流も回転し始めるため、この渦は強化されて行きます。



①～③のように生成強化された直径 2km～10kmの小規模な低気圧性の渦が、メソサイクロンとなり、北半球では反時計回り、南半球では時計回りに回りながら、周囲の風(水蒸気)を取り込んで激しい荒天をもたらします。

＜①②③図とも気象庁 HP より抜粋＞

2-4. 小規模な気流の渦があること

スーパーセルの下降気流部分から吹き降ろす冷たい風(ダウンバースト)が、地表に衝突して拡散する先に南東の暖かい風があると、ガストフロント(*2)と呼ばれる寒冷前線に似た気流の衝突面ができます。

この衝突面では大きな風速差や気流の乱れ(ウィンドシアア)が生じ、絶えず小規模で短命な気流の渦が多数、現れては消えることを繰り返しています。 (*2 リスクマネジメント・レポート第 17 回参照)

竜巻は、このような多数の渦のうち、ごく少数の渦がメソサイクロンによって出来た上昇気流と結びついた時に出来るのではないかと(前図「スーパーセル発生メカニズム」3 参照)と考えられています。

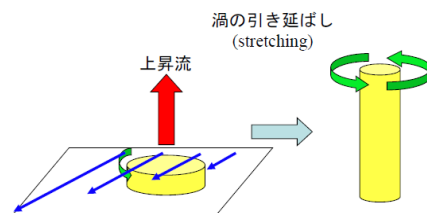
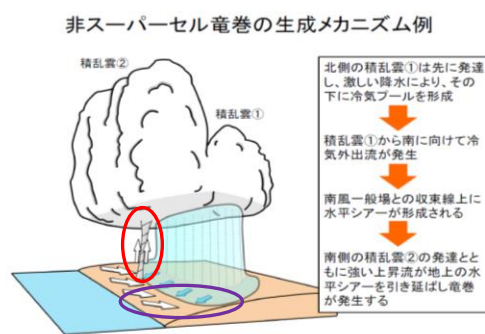
《非スーパーセル竜巻の発生メカニズム》

竜巻は、右図のようなメソサイクロンの無い、スーパーセル以外の積乱雲から発生する場合があります。

積乱雲から吹き降ろす冷たい下降気流が地表に衝突拡散して、南東の暖かい風とぶつかる紫線内(水平方向のウィンドシアアが発生)では、反時計回りの気流の渦が出来ます。その渦を積乱雲の上昇気流が引っ張ることによって、竜巻(赤線枠内)が発生すると考えられています。

スーパーセル以外の積乱雲の場合には、竜巻の発生域は限られ、発生頻度も低く、勢力もメソサイクロンが無 【佐々浩司高知大教授「太平洋岸における台風と竜巻」抜粋】いたため直ぐに衰弱します。しかし、被害をもたらす竜巻も実際に発生しているため、注意は必要です。

因みに、日本ではスーパーセル型竜巻は、関東平野内陸部で発生し易く、高知県付近で発生する竜巻のほとんどは非スーパーセル型竜巻と言われています。



【同上、赤線内、紫線内の気流の流れ】

冒頭にも述べましたが、竜巻の発生メカニズムについては、現在でも未解明な部分が多く、はっきりしたことは判かっていません。今後の気象観測装置の進歩により解明されることを期待しています。

《次回は、竜巻がもたらす被害について取り上げます》