

## Risk Management Report

[防災調査の現場から 第 14 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。今回は“台風発生のメカニズム”です。

今回は「台風発生のメカニズム」を取り上げ、台風はどうやって出来るのか、何故渦を巻くのか？何故勢力を拡大したり衰弱したりするのか？何故北へ(南半球の場合は南へ)向かって進むのか？…いろいろな疑問を解決するために調べていたら深みに入り込んでしまいました。このレポートの趣旨からは外れますが、今回は探究心に免じてお付き合い下さい。

### 台風発生のメカニズム

台風発生のメカニズムとしては様々な説が提唱されていますが、まだ理論は確立されておらず、多くの謎に包まれています。そこで初心に戻り(時には想像力を駆使して)基本的な疑問から解決して行きましょう。

話を容易にするために北半球の台風(地域によりハリケーン、サイクロンとも呼びます)に焦点を絞る事にします。

#### 1. 台風は何処で出来るの？

赤道の周辺は、降り注ぐ太陽の熱によって大量の水蒸気が発生します。水蒸気は何処へ行くかと言えば、そのまま地上 11km～15km の上空まで昇り、北へ向かって流れた後、北緯 20 度～30 度付近(中緯度高圧帯)で下降し地上に降りてきます。この下りてきた気流は、今度は赤道に向かって流れます。この風が貿易風(偏東風)です。この大気の循環を「ハドレー循環」といい、対流圏の中の大気循環の一つとなっています。他にフェレル循環や極循環があります。

右の図では南半球に貿易風と偏西風が記載されていますが、北半球でも対称形として同じ風が吹いています。赤道付近で上昇気流に乗った水蒸気は上空で雲を生じ雨となり、気流が下降する北緯 20 度～30 度付近は、水分を出し切って乾燥している為、砂漠やサバンナと呼ばれる地域になります。

上空へ昇った水蒸気は雲や雨になりますが、それが大きくなって必ず台風になるのではなく、それには他に何らかの力が必要になります。

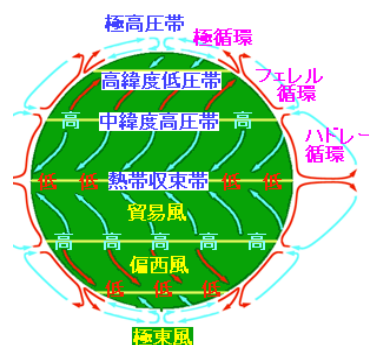
ここで右図の 1945 年～2006 年までに発生した台風の発生場所と移動経路を見てみましょう。

赤道直下の熱帯収束帯(図中央の白い部分)と呼ばれる最も気温の上昇する場所での台風の発生は見られず、逆に赤道直下から離れた北緯 8 度～16 度の海上で多く発生していることが分かります。

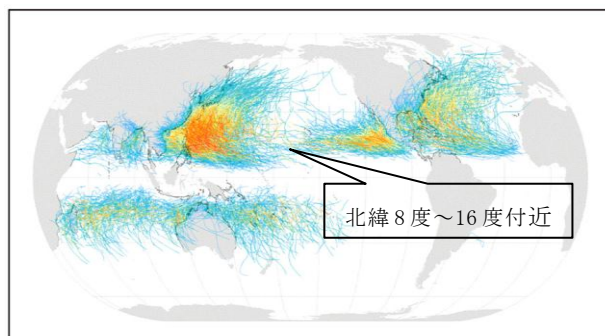
特に北西太平洋や南シナ海、太平洋東側や大西洋の西側では発生件数が多く、貿易風(及びモンスーン)によって海面表層の暖かい海水が吹き寄せられている地域に集中しています。

これは何故でしょうか？

【大気の流れ】



【1945 年～2006 年までに発生した台風の移動経路】



< 出展: Wikipedia「tropicalecyclone」 >

## 2. 台風はどうやってできるの？

赤道付近の海上で太陽の熱により暖められた空気が、多くの水蒸気を含んだ状態で上昇すると、上昇後の空間は空気が少なくなるため低圧状態となり、そこに周りの空気が流れ込みます。

上昇した空気は、気圧の減少とともに断熱膨張するため温度が下がり、気温の低下により過飽和状態となった空気中の水蒸気が凝縮して水滴となり、多量の凝縮熱を出します。

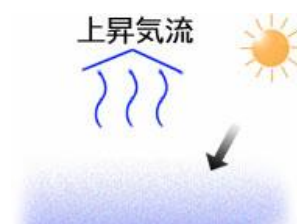
この凝縮熱が空気をまた暖めて更に上昇させます。この繰り返しにより雲が増加し巨大な積乱雲が生まれます。

生まれた積乱雲が台風となるかどうかは、正に地球の緯度に関係があり、低緯度の赤道直下では熱帯特有の短時間の豪雨を伴うスコール(Squall)を発生させる低気圧にはなりますが、台風にはまだ発達しません。

しかし、同じ現象が北緯8度～16度の海上で発生した場合には、周りの積乱雲(低気圧)を取り込んで台風となる可能性が高くなります。

それは、地球が球形であり、かつ自転していることに由来しています。

### 【上昇気流の発生】



### 【積乱雲の発生】

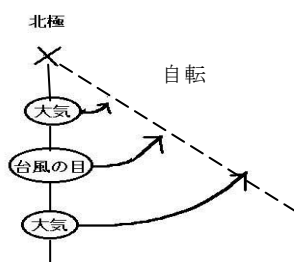


<出典: 静岡河川事務所>

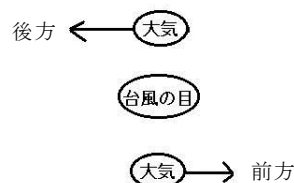
## 3. 台風は何故、渦を巻くの？

地球が球形で自転(北半球では時計と反対廻り)しているため、北極に近い大気と赤道に近い大気の同一時間内に移動する距離は、下記左図のように異なってきます。この状態を今度は将来台風の本となる大きな積乱雲の中心(低気圧部分)から見直してみますと、北極に近い大気は自分よりスピードが遅いため後方へいくように見え、逆に赤道に近い大気は自分を追い越していくように見えます。しかも、台風の本となる大気の本中心は上昇気流による低気圧により周囲の大気を吸い寄せるので、左巻き(反時計廻り)に台風の本に流れ込んでいくような運動となります。

### 【地球の自転と大気の移動距離】



### 【視点を台風の本に置いた場合】



<出典: 大阪市立科学館 齊藤吉彦氏 台風はなぜ左巻き? より抜粋>

この力を「コリオリの力」と呼んでおり、北半球では直進運動している物体が進行方向に対して右へ右へと曲げられていく(南半球では左に曲げられていく)現象のことをいい、右へ曲がろうとするものを自分の方向へ引き寄せようとする身体は自然に左向きに回転するのと同じ原理になる訳です。この運動の力が働いて、風は反時計回りとなります。(コリオリ力はインターネット上でも詳しく説明されています)

赤道上で積乱雲が台風にならない理由は、上記の3つの大気の移動距離がほぼ同じになるのでコリオリの力が働かず、渦を巻かないため積乱雲はある程度までしか成長しません。

#### 4. 台風は何故、大きくなるの？

この渦を巻く性質が、実は台風の成長発達に大きな影響力を持っているのです。

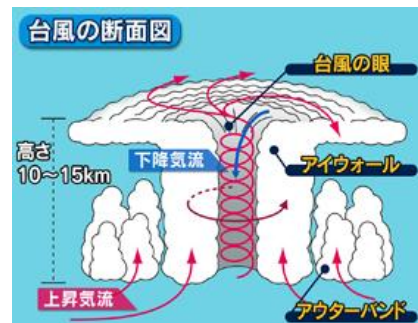
北西太平洋や南シナ海で誕生した台風は、北東貿易風に吹かれて西へ流されます。誕生した当初はそんなに強くなかった台風ですが、海水温が表層(200m 浅)30℃近くとなる暖流(黒潮)に乗ることによって発達しながら日本に来ることになります。台風のエネルギー源が多くの水蒸気を含んだ右図のような上昇気流であることは前述の通りですが、この水蒸気を効率良く取り込むシステムが、この渦を巻くという回転運動の中にあるのです。

それは、スピンドダウン効果と呼ばれる現象で(ここでは長くなるので説明しませんが)、左に回転する台風の雲の下面と海面との間で生じる摩擦力により回転のスピードが落ち、コリオリ力・遠心力が弱まる結果、気圧傾度力(中心に向かう力)が大きくなり、この力が水蒸気を台風の中心へと運びます。

つまり、スピンドダウン効果により集まった水蒸気は台風の中で凝縮熱という形で開放され、それが上昇気流を生み、そして断熱膨張による凝縮熱が更に上昇気流を強めます。海水からの水蒸気が供給される限り、台風はこの現象の繰り返しにより巨大化していきます。

この逆に、水蒸気の供給が止まる陸上や温度の低い海上では台風は発達出来なくなります。

【台風の構造】



< 出展: 日本気象協会 >

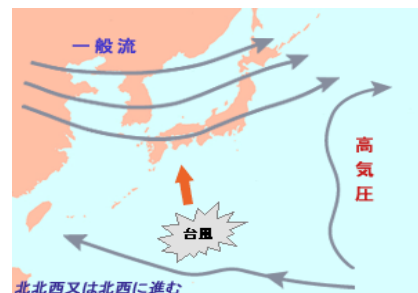
#### 5. 台風は何故、北へ向かうの？

貿易風(偏東風)に流されて来た台風は、夏の主役である太平洋高気圧に沿って日本へ近づいてきます。そして高気圧の弱まったところに来ると、今度はゆっくりとした速度で北西へと進み、北緯 30 度付近まで来ると、今度は偏西風によって東へ流れていきます。(定常的に吹いている貿易風や偏西風のことを一般流と呼びます)

ここで不思議なのは、台風は何故北へ向かうのか、ということです。

実はこれも謎に包まれている現象でいろいろな説がありますが、これはと思われる二つの説を以下にご紹介します。

【一般流が無いところでの台風】



< 出展: バイオウェザー・お天気豆知識 >

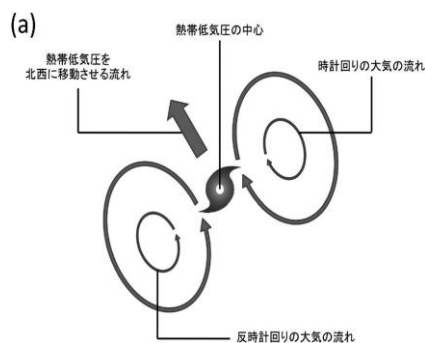
#### ベータドリフト効果

一つの説は、台風は自身の大気の流れによっても移動するという考え方で、惑星渦度の南北勾配(ベータ効果)により、右図のように台風の東側に時計回りの大気の流れができ、西側に反時計回りの大気の流れができて、この流れの渦が台風を北西方向へ移動させるという説です。

この対の渦のことをベータジャイアと呼び、このベータ効果による台風の移動をベータドリフトと呼びます。台風の周辺に大きな一般流(貿易風や偏西風等)がない場合には、ベータドリフト(時速 7km〜11km)の寄与が相対的に大きくなると推測されています。

但し、個々の事例においてベータジャイアの存在が観測データにより証明された訳ではなく、その意味で理屈上存在する大気の流れと言えるかも知れませんが、この存在を示唆する現象も指摘されています。

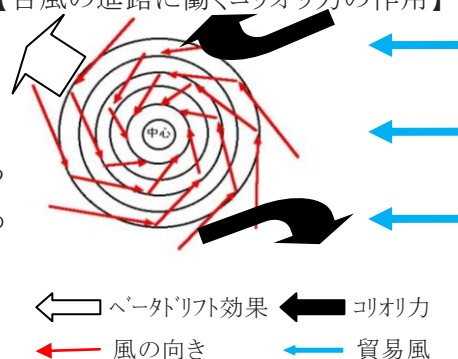
【ベータジャイアとベータドリフト】



< 出展: 山口宗彦氏「ベータドリフト」 >

もう一つの説は、このベータドリフト効果とコリオリ力の緯度依存性【台風の進路に働くコリオリ力の作用】の影響によって台風は北へ向かうのではないか、という説です。

右図のようにベータドリフト効果による北西方向の力(白矢印)に貿易風(青矢印)により西進している台風の北側の風(赤矢印=東風)に働くコリオリ力による右へ曲げようとする力(黒矢印上=北向きの力)が加わり、反対側の台風の南側の風(赤矢印=西風)に働く右へ曲げようとするコリオリ力(下黒矢印=南向きの力)は貿易風の風により減殺されるために逆に弱くなり、台風は北へ向かうのではないか、というものです。



## まだまだ分からない台風の構造

台風発生のメカニズムを追いかけてみましたが、やはり謎の部分が多いというのが実感です。前述の台風が生まれて育つ仕組みについても、理論上の説明はできるとは言え、実際に台風の一生に付き添って確認した訳ではないからです。

現在、台風の実像を知る為に気象衛星の捉えた画像をデジタル解析したり、マイクロ波探査計やドップラーレーダーにより中心気圧や風速を推定したり、あるいは気圧計や温度計、カメラを積んだ気球を雲の中へ揚げて地上からレーダーで追跡したりしていますが、コンピュータを総動員しても、台風の正体を正確に掴むところまでには至っていないというのが現状です。

2014年9月7日の日本経済新聞(朝刊)では、「台風発達 予測に挑む」というコラムで、日本の気象専門家が取り組んでいるテーマについて以下の通り紹介しています。

- 台風の真の気圧(気象研究所)
  - 発生場所と時期: モンスーントラフとの関係(海洋研究開発機構)
  - 台風の発生や発達の仕組み(名古屋大学、海洋研究開発機構、琉球大学)
  - 地球温暖化ガス濃度と台風発生個数及び規模との関係(東京大学、海洋研究開発機構、気象研究所)
- 台風のメカニズムの解明と予測技術についての研究は、まだまだこれから続くようです。

### トピックス: 熱帯地域の低気圧はどんな形? スコール(Squall)って豪雨のことでしょう?

皆様に「低気圧の形」や「スコールって知っていますか?」と聞いた場合、「そんな事は皆知っているよ!」「低気圧の形は、楕円形もしくは円形で、スコールは突然に降ってくる短時間の豪雨のことでしょう。」と答えられるのではないのでしょうか?

しかし、熱帯地域(特に赤道直下)の低気圧は、日本のように高緯度にある地域と異なり、コリオリの力が働かないため円形にはならず、そのまま低圧帯(低圧部)として帯状に東西に向かって伸びていきます。

これを熱帯収束帯といいます。しばしば気象用語では「モンスーントラフ」とも呼ばれています。この中で発生した落雷を伴う瞬間的な豪雨のことを、皆様は「あつ! それはスコール(Squall)のことだね」と言われるのかも知れませんが、スコール(Squall)の本来の意味は、激しい天候変化を伴う急激な風速の増加現象のことを言い、突然の豪雨という意味ではないとのことです。そういう自分も、今までは一時的な激しい雨を降らせる天気のことを、スコール(Squall)と思っていましたが、目からウロコでした。

因みに、実際の現地の人(インドネシア、シンガポール、タイ、マレーシアの人々)は、日常的な当たり前の雨の降り方なののでしょうか、単に「rain」と呼んでいるそうです。(欧米人は「shower」と呼んでいる?)

さて、次回は台風の被害と対策について取り上げます。  
ますます大きくなる台風とその被害について、正直、心配が尽きないところです。