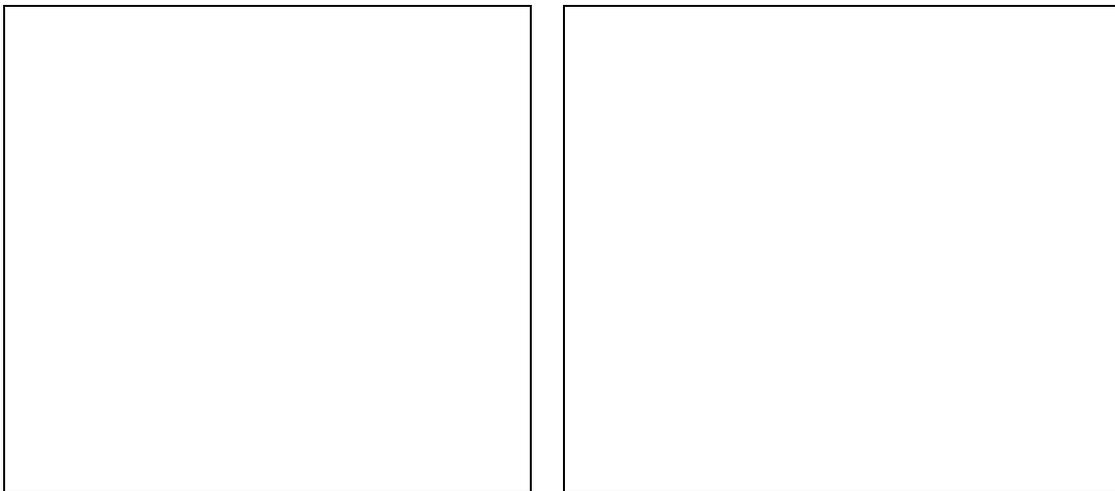


## 1 1 熱帯低気圧と台風

### 1 1. 1 熱帯低気圧の概観

**熱帯低気圧<sup>中</sup>**(tropical cyclone)とは、熱帯の海洋上で発生する低気圧である。北西太平洋上の熱帯低気圧のうち、中心付近の最大風速が 17.2m/s 以上のものを**台風<sup>小</sup>**(typhoon)という。熱帯低気圧や台風は、温帯低気圧とは異なり、前線を伴わない。他の海域では**ハリケーン<sup>高</sup>**(hurricane) (北米など) や**サイクロン<sup>高</sup>**(cyclone) (インド洋) とよばれる。

台風は巨大な渦であり、反時計回りに風が吹きこんでいる。気象衛星による雲画像を使うと、渦巻き状の構造を確かめることができる。台風(熱帯低気圧)は温帯低気圧とは違い、軸対称な構造をしている。天気図上では、台風の中心のまわりの等圧線は同心円状に密集している。温度分布も軸対称であり、対流圏内では、凝結熱の影響により周囲より気温が高くなっている。これを**暖気核(warm core)**という。このため、静水圧平衡の関係により、上空にいくほど低気圧偏差は小さくなっている。



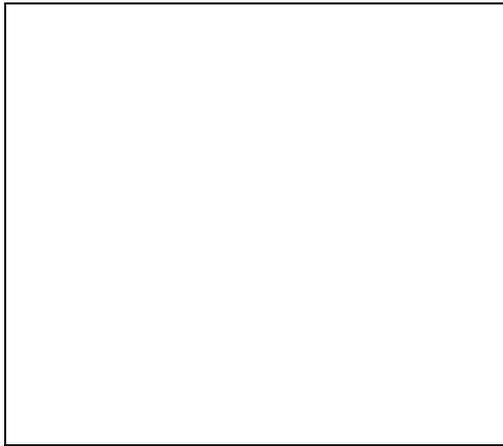
(北海道放送のウェブサイトより、一部加筆)

図 11-1: 台風の例 (2011 年台風 6 号、2011 年 7 月 17 日 21 時)

左は地上天気図、右は 500hPa 天気図 (実線: 等高度線、点線: 等温線)

一般に台風は中心に近づくほど風速が大きくなるが、中心付近では風が弱く晴れている場合がある。これを**台風<sup>高</sup>の目**(typhoon eye)という。台風の目は雲画像で確認できることが多い。台風の目は、中心に向かって吹きこんできた風が

遠心力の影響でそれ以上近づくことができない領域であると考えられ、周囲の積乱雲に伴う上昇気流を補償する下降気流が生じている。このため、台風の中では雲は発達しにくい。台風の目は非常に背の高い積乱雲に囲まれている。これらの積乱雲を**壁雲(wall cloud)**という。壁雲のまわりでは、やや背の低い積乱雲がらせん状に連なっている。これを**スパイラルバンド(spiral band)**という。



(気象庁のウェブサイトより)

(高知大学気象情報頁より)

図 11-2: 台風の例 (2012 年台風 15 号、2012 年 8 月 25 日 6 時)

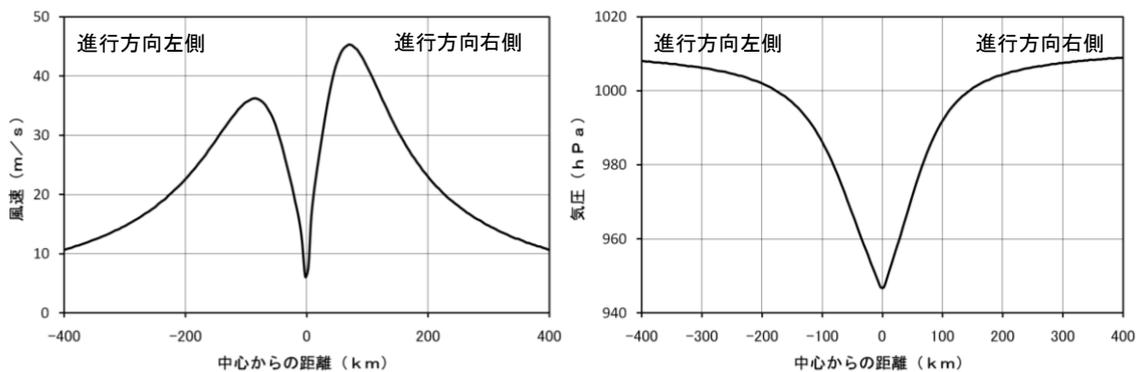


図11-3: 台風を中心のまわりの風速 (左) と気圧 (右) の分布の模式図

台風は平均して 1 年に 26 個発生する。熱帯の海洋上で発生したあと、上空の風に流され、しばしば太平洋高気圧のへりを回るような進路をとって日本列島にやってくる。台風の典型的な進路は図に示した通りである。夏から秋にかけては、日本に接近したり上陸したりする台風が多い。太平洋高気圧の勢力が強い夏の間は、台風が大陸のほうを大きく回っていくこともあるが、秋になって太平洋高気圧の勢力が弱くなると、日本にやってくるが多くなる。

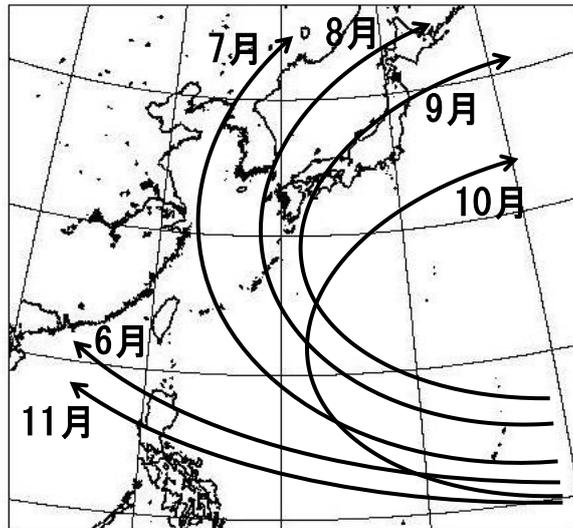
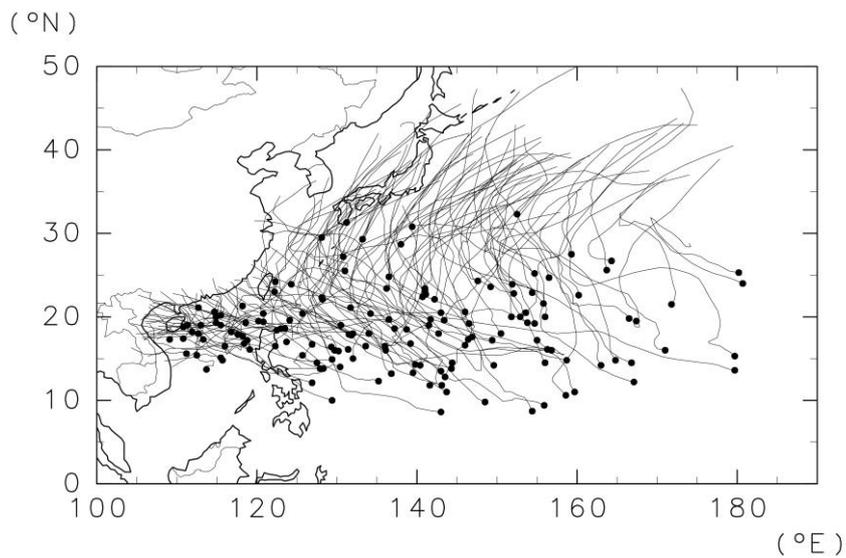
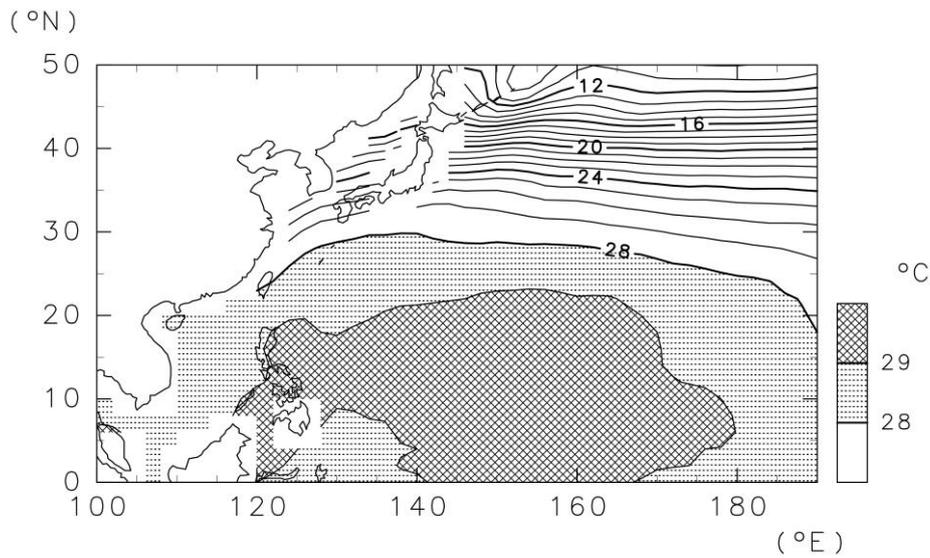


図 11-4: 台風の典型的な進路

- ☞ 小学校の理科で台風を取り上げる。大雨や強風がもたらされることだけでなく、進路についても触れる。天気は西から東へ変わるという原則が当てはまらないことに注意する。

### 11.2 熱帯低気圧の発生と発達

熱帯の海洋では海面水温が高いことが多い。このような海域では、海面から多量の水蒸気が蒸発し、大気に潜熱（凝結熱）を供給している。このため、熱帯の海洋上では水蒸気が豊富で、積雲や積乱雲が多く発生する。熱帯低気圧はこのような海洋上で発生する。



(気象庁によるデータを用いて作成)

図 11-5: 9月の海面水温 (上) と台風が発生場所と経路 (下)

熱帯低気圧は、ばらばらに発生していた積乱雲が集中して組織化することによって発生する。熱帯低気圧が渦として発生、発達するためには、コリオリ力が必要である。実際に、海面水温が高くても、コリオリ力がはたらかない赤道付近では熱帯低気圧は発生しない。ここでは、角運動量保存則を用いて、渦の発達における地球の自転の効果を評価してみよう。熱帯低気圧の中心のまわりの風のうち、接線方向の成分を $v$ とする。中心からの距離を $r$ とすれば、単位質量あたりの角運動量 $L$ は、

$$L = rv$$

である。しかし、角速度 $\Omega$ で回転している地球上での運動を考えているので、

自転に伴う角運動量も考慮に入れる必要がある。緯度 $\phi$ における有効な自転角速度は $\Omega \sin \phi$ である。この回転に伴う運動を加えて、

$$L_{abs} = r(r\Omega \sin \phi + v) = r^2\Omega \sin \phi + rv$$

とする。これを**絶対角運動量**(absolute angular momentum)という。地面との摩擦の影響を無視した場合、空気塊がもつ絶対角運動量は保存する。赤道上( $\phi = 0^\circ$ )では、自転の効果が効かないので、単純に $L = rv$ が保存する、つまり、中心からの距離に反比例して接線方向の風速が増大する。赤道から離れた緯度帯では、はじめに接線方向の風速 $v$ がゼロであっても、自転の効果により、空気塊は絶対角運動量を持つことができる。このような空気が熱帯低気圧の中心に近づくと、急激に風速が増大する。台風を中心付近の強い風はこのようにして生じる。したがって、台風が発生するのは通常、地球の自転の効果が有効にはたらく、緯度が $5\sim 10^\circ$ よりも高緯度側の領域である。

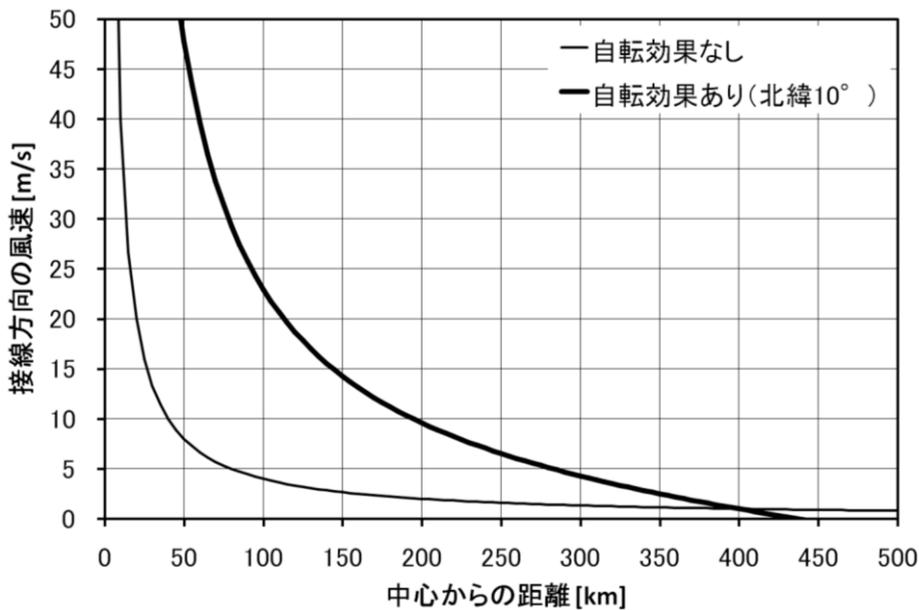


図11-6: 絶対角運動量保存のもとでの風速分布の例

一度、低気圧性の渦ができると、渦の中心付近に空気が集まり、上昇気流が生じる。上昇気流が生じると積乱雲が発達して凝結熱が放出される。すると、大気が加熱されて低気圧がますます強くなり、渦も強化される。このような連鎖によって、渦は加速度的に発達していく。これを**第2種条件つき不安定**(conditional instability of the second kind; CISK)という。熱帯低気圧は第2種条件つき不安定によって発達すると考えられる。

### 11.3 台風情報の利用

台風情報は、図 11-7 のような形で発表される。平均風速が 25m/s 以上の範囲が**暴風域**(area of 50kt winds of more)、15m/s 以上の範囲が**強風域**(area of 30kt winds or more)である。**予報円**(circle of center position forecast)は、台風が中心が到達すると予想される範囲のことである。予報円の中のどの場所に到達するかは不確実性の範囲内であり事前に予想することはできない。なお、実際に台風が予報円に入る確率は 70%である (そのように予報円を定義している)。台風が中心が予報円内に入ったときに暴風域に入るおそれのある領域を**暴風警戒域**(storm warning area)として示す。台風情報は 3 日後まで発表されるが、3 日後以降も引き続き台風と予想される場合は、5 日後まで発表される。

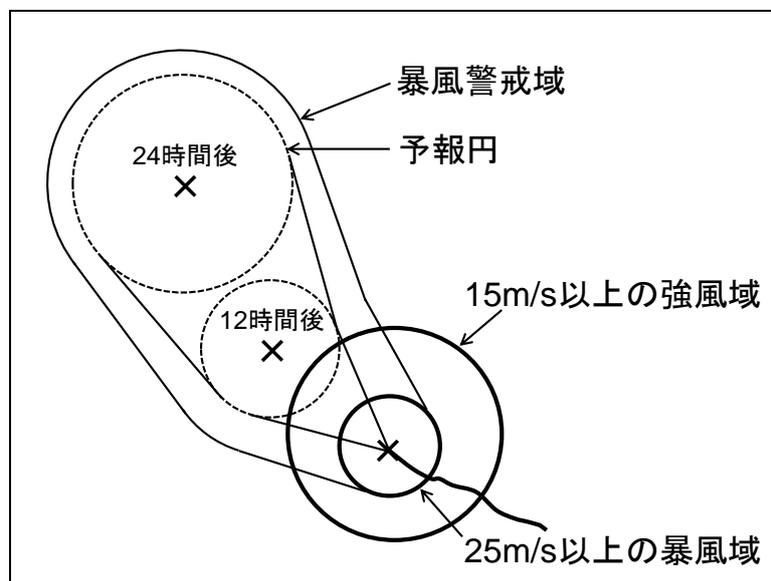


図 11-7: 台風情報の模式図

- ☞ 小学校の理科においても、教科書によっては、台風情報の利用に言及している。防災の観点からも、ぜひ教えておきたい。

**問 11-1** 台風を中心と一緒に移動している観測者から見て、台風の周りの風の分布が完全に軸対称であり、反時計回りに風が吹きこんでいるとする。このとき、台風の進行方向の右側と左側では、どちらで風が強いのか。

**問 11-2** 下の図は、平成 2 年台風第 19 号が日本に上陸した前後 (1990 年 9 月 19 日 9 時と 20 日 9 時) の天気図である。また、表はこのときの三重県の津における気象観測データである。津は台風の進行方向のどちら側に位置していた

か。そのように判断した根拠も簡潔に述べよ。

(気象庁のウェブサイトより)

日	時	気圧 (hPa)	降水量 (mm/h)	気温 (°C)	湿度 (%)	風向	風速 (m/s)	天気	雲量
9月19日	19	991.8	2.0	25.9	88	東	20.2	雨	10
9月19日	20	989.8	15.0	24.2	93	南東	23.9	雨	10
9月19日	21	983.5	14.5	24.4	95	東南東	29.2	雨	10
9月19日	22	977.2	21.5	24.1	96	南東	24.5	雨	10
9月19日	23	965.6	16.5	23.9	94	南南東	24.0	雨	10
9月20日	0	970.7	15.5	25.2	88	南南西	14.6	雨	10
9月20日	1	980.2	1.0	22.4	91	西南西	14.9	雨	10
9月20日	2	985.3	1.5	21.5	93	西	11.4	雨	10
9月20日	3	988.7	1.5	22.0	85	西	19.9	雨	10

(気象庁のウェブサイトより)

**問 11-3** 北緯  $10^\circ$  において、熱帯低気圧の中心から 400 km の位置にある空気が 1 m/s で接線方向に運動している。この空気が、熱帯低気圧の中心のまわりの絶対角運動量を保存したまま、中心から 50 km の位置まで近づいたら、接線方向の風速は何 m/s になるか、有効数字 2 桁で答えよ。絶対角運動量の保存を用いて計算せよ。また、同様の計算を赤道において行なえ。地球の自転角速度を  $7.29 \times 10^{-5}$  /s、 $\sin 10^\circ = 0.174$  とする。