

天気図で学ぶ天気予報と気象学

1. はじめに

この講習では、中緯度での代表的な気象現象であり、日々の天気の変化に密接に関わる温帯低気圧を例に挙げ、天気図の作成や利用について学ぶ。天気図を作成、利用する上で必要となる、基礎的な理論を理解したうえで、地上天気図を実際に作成し、天気図を活用した実況把握や将来予測について学習する。中学校の理科第 2 分野の気象に関する部分の指導にあたって有用な知識を習得することを目的とする。

2. 低気圧と高気圧の基礎知識

(1) 低気圧と高気圧

低気圧とは周囲より気圧の低いところ、**高気圧**とは周囲より気圧の高いところのことである。**等圧線**とは天気図上で気圧の等しい場所を結んだ線であるが、低気圧や高気圧のまわりでは等圧線は閉じている。北半球の場合、低気圧のまわりでは風が反時計回りに吹き込み、高気圧のまわりでは時計回りに吹き出す。低気圧の付近では上昇気流が生じて雨雲が発達しやすい。逆に、高気圧に覆われると下降気流が生じて雲が発生しにくい。

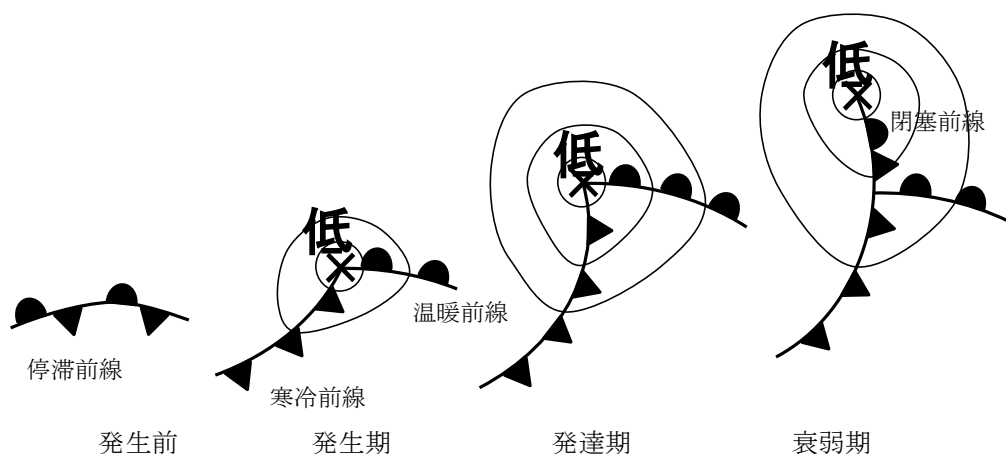


- 低気圧、高気圧の定義、そのまわりの風の様子は、中学校の理科第 2 分野で学習する。

(2) 温帯低気圧と前線

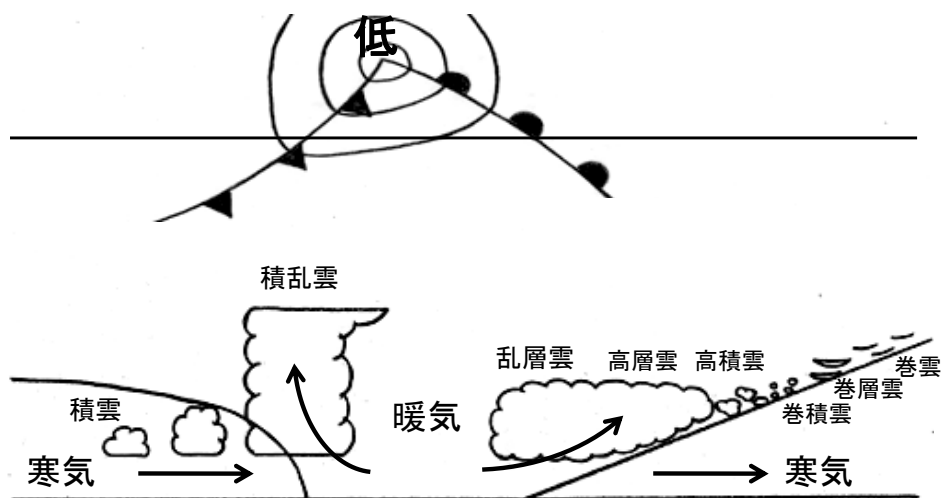
一般に高緯度の空気は寒冷で、低緯度の空気は温暖であることが多い。同じ性質を持った空気のことを**気団**という。**前線面**は異なった気団の境界のことであり、前線面が地表に接している場所を**前線**という。前線面では暖かい空気が上昇し雲が発生しやすい。

温帯低気圧は、暖気と寒気がぶつかり合う中緯度で発生する低気圧で、しばしば前線を伴う。一般に、温帯低気圧は**偏西風**に乗って西から東へ移動する。温帯低気圧の典型的なライフサイクルは図のようになっている。温帯低気圧は**停滞前線**上で発生することが多い。停滞前線は、寒気と暖気が同じ程度の勢力でぶつかっている場所である。前線上で低気圧が発生すると、低気圧の東側では南よりの風が卓越し、暖気の勢力のほうが強くなる。このような前線のことを**温暖前線**という。一方、低気圧の西側では北よりの風が卓越し、寒気の勢力のほうが強くなる。このような前線を**寒冷前線**とよぶ。温帯低気圧は温暖前線と寒冷前線を伴いながら発達する。温暖前線は暖気の勢力のほうが強いので北に、寒冷前線は寒気の勢力のほうが強いので南に移動する。温暖前線よりも寒冷前線の移動のほうが多いので、やがて寒冷前線は温暖前線に追いつく。こうしてできた前線が**閉塞前線**である。



温暖前線付近では南から暖気が流入し、前線面に沿って広い範囲で比較的緩やかな上昇気流が生じている。このため、前線の東側では巻雲や巻層雲などの上層雲が生じることが多い。前線付近では、高層雲や**乱層雲**などの雲が発生しやすく、広い範囲で持続的な降水がもたらされる。温暖前線が通過すると気温は上昇するが、昇温が明瞭でないこともある。

一方、寒冷前線付近では北から寒気が進入し暖気の下に潜りこんでいるので、前線付近の狭い範囲で強い上昇気流が生じる。このため寒冷前線付近では**積乱雲**が発達し、狭い範囲で短時間に強い降水が生じる。通過後には北寄りの風が吹き、気温が急激に低下することが多い。



温帯低気圧や前線に伴う雨雲の分布や動きは、雲画像によって確認できる。

(2011年 4月22日12時)

気象庁のウェブサイトより

温帯低気圧は春や秋によく見られる。次の図のように、春や秋には、温帯低気圧や移動性高気圧が交互に通過することによって、天気が西から東へ周期的に変化することが多い。



気象庁のウェブサイトより

- 小学校の理科では天気図や低気圧、高気圧を明示的には取り上げない。しかし、雲画像などを用いて天気が西から東へ変わることを教えており、実質的には温帯低気圧を取り扱っている。
- 温帯低気圧や移動性高気圧に伴う雲の量や種類の変化は小学校の理科で取り扱っている。
 - ☞ 中学校の理科第 2 分野では、小学校の理科の内容と関連づけて学習することが望まれる。
- 小学校の理科においては気温の日変化を測定するが、温帯低気圧や前線の通過に伴う温度変化は中学校の理科第 2 分野で取り扱う。

参考：雲と降水

雲にはさまざまな種類があるが、以下の表のように 10 種類に分類することがある。

これを十種雲形という。これらの雲のうち、降水をもたらすのはおもに乱層雲と積乱雲である。乱層雲は持続的な降水を、積乱雲は一時的な強い降水をもたらすことが多い。

上層雲	巻雲	すじ雲
	巻積雲	うろこ雲
	巻層雲	うす雲
中層雲	高積雲	ひつじ雲
	高層雲	おぼろ雲
	乱層雲	あま雲
下層雲	層雲	きり雲
	層積雲	うね雲
下層から 上層の雲	積雲	わた雲
	積乱雲	かみなり雲

- 十種雲形を取り上げるときは、単純に暗記するのではなく、雲の高さや降水の有無で分類しながら、整理して理解することが望ましい。

参考：雨の強さ

雨の強さは降水量として表される。降水量は、降った降水（雨や雪など）が、そのまま地面にとどまった場合に、どの程度の深さになるか示したものである。1時間あたりの量で表すことが多い。雨の強さと降水量の値との関係は、次の表のとおりである。

雨の強さ	1 時間雨量
やや強い雨	10mm 以上
強い雨	20mm 以上
激しい雨	30mm 以上
非常に激しい雨	50mm 以上
猛烈な雨	80mm 以上

- 降水量の定義は、中学校の理科第 2 分野で取り扱うことになっている。

（３）熱帯低気圧と台風

熱帯低気圧とは、熱帯の海洋上で発生する低気圧である。ばらばらに発生していた積乱雲が集まって組織化することによって熱帯低気圧になる。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**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。

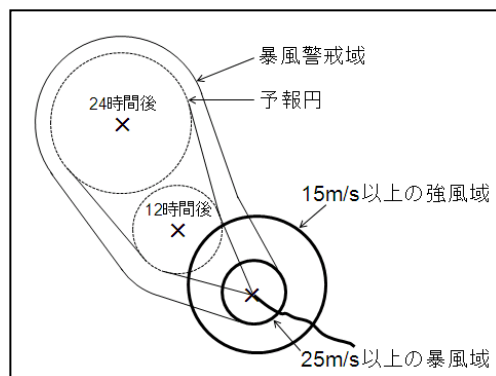
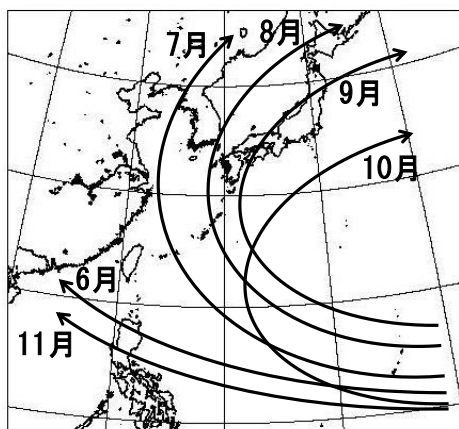
台風は巨大な渦であり、反時計回りに風が吹きこんでいる。気象衛星による雲画像を使うと、渦巻き状の構造を確かめることができる。台風は温帯低気圧とは違い、軸対称な構造をしている。一般に台風は中心に近づくほど風速が大きくなるが、中心付近では風が弱く晴れている場合がある。これを**台風の日**という。台風の日は雲画像で確認できることが多い。

気象庁のウェブサイトより

高知大学気象頁より

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。

台風情報は、図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**、15m/s 以上の範囲が**強風域**である。**予報円**は、台風の中心が到達すると予想される範囲のことで、実際に予報円に入る確率は 70%である。台風の日が予報円内に進んだときに暴風域に入るおそれのある領域を**暴風警戒域**として示す。



- 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ならないことに注意する。

3. 天気図の読み方と書き方

(1) はじめに

気象通報は、気象庁が発表した各地の天気、船舶などの報告、漁業気象を放送する番組である。NHKラジオ第2放送（東京では 693kHz）が1日3回放送を行っている。放送時間は、

9 : 10 ~ 9 : 30（06 : 00の実況）

16 : 00 ~ 16 : 20（12 : 00の実況）

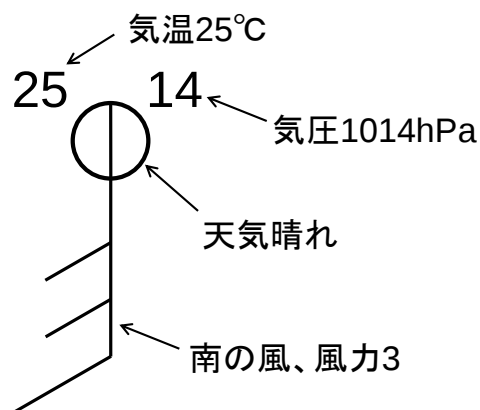
22 : 00 ~ 22 : 20（18 : 00の実況）

である。放送されたデータをラジオ用天気図用紙に記入し地上天気図を作成することにより、天気の予想に役立てることができる。実際の放送では、各地の天気、船舶の報告、漁業気象の順に放送され、放送終了後に自分で等圧線を引く。この講習では、放送内容があらかじめ記入されている天気図を用い、自分で等圧線を引いて天気図を完成させる。

(2) 各地の天気

天気図には観測地点の風向（16 方位）、風力、天気、気圧、気温が記入されている。記号の読み方は、天気図用紙No. 1の左下に一覧が示されているのでそれを参考にする。

- ✓ 風向、風力は矢羽根で表す。矢の伸びている方向が風向である。北の風であれば北の方向に矢を伸ばす。ここで風向とは、風が「吹いてくる方向」であって「吹いてゆく方向」ではないことに注意する。風力は羽根の数で表す。
- ✓ 天気は日本式天気記号で記入されている。天気図用紙左下の記入例を参考にする。
- ✓ 気圧は円の右上、気温は円の左上に数字で示されている。気圧は下2ケタを記入する。

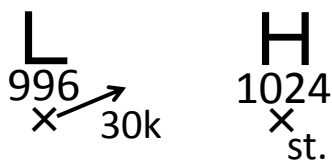


- 中学校の理科第2分野で天気図記号を学習する。天気については、快晴、晴れ、くもり、雨、雪の記号を取り上げる。風向・風力の記号も取り扱う。

(3) 低気圧、高気圧や前線

台風、低気圧、前線、高気圧の位置や移動方向、日本付近を通る代表的な等圧線の位置を放送。慣れないうちは天気図用紙No. 1の左側のメモ欄に放送内容を記入し、あとで地図に書き入れればよい。

- ✓ 低気圧（熱帯低気圧、台風）は赤で、高気圧は青で、それぞれ、「L（TD、T）」、「H」と書かれている。数字は示度を表わす。矢印は移動方向を示し、移動速度は「40k」のように数字で書かれている。「st.」は「ほとんど停滞」、「sl.」は「ゆっくり」。



- ✓ 前線は天気図用紙左下の記入例にしたがって示されている。温暖前線は赤、寒冷前線は青、閉塞前線は紫色で表示されている。停滞前線は赤と青を交互に用いて示されている。



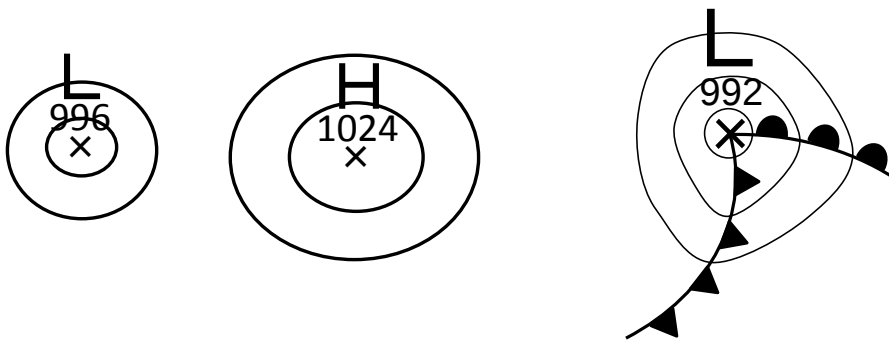
- 前線の種類や記号、温帯低気圧と前線の関係、温帯低気圧のライフサイクルは、中学校の理科第2分野で学習する。

(4) 等圧線の引き方

等圧線は修正できるよう鉛筆で引く。原則として 4hPa ごとに引き、20hPa ごとに太くし、1000、1020 のように値を示す。

はじめに、漁業気象で報じられた等圧線を描く。等圧線が折れ曲がったり不自然な凹凸が生じたりしないように注意しながら、放送された地点をなめらかに結んでいく。放送された地点以外に、気圧の観測値や、低気圧、高気圧、前線の位置なども参考にする。低気圧や高気圧のまわりでは閉じた等圧線を引く。とくに低気圧の場合、等圧線は小さく閉じる。漁業気象で報じられた等圧線以外の等圧線を引くときには陸上などの比較的観測点の多いところから、また、漁業気象で報じられた等圧線に隣り合うものから引いていく。

- ✓ 隣り合った等圧線は比較的平行であり、等圧線の間隔は急に広がったり、狭まったりしない。交わったり、分岐したりすることもない。
- ✓ 資料のないところは観測点間の内挿や外挿を用いて気圧の値を推測する。気圧の観測値は四捨五入などの原因で誤差を含むことがあるので、厳密に観測値に従うのではなく、なめらかに引くようにする。
- ✓ 低気圧の中心付近では等圧線の間隔は狭くなり、高気圧の中心付近では広がる。
- ✓ 前線を横切るときには気圧の低いほうに急に曲がるが、それ以外の場合に急に曲がることはない。



気圧配置は 24 時間程度の時間ではあまり変化しないので、新聞等に出ている最新の天気図を参照できるときは参考にして引くとよい。

- 中学校の理科第 2 分野では、天気図を描くという作業は必須ではないが、天気図を読むことができるようにする。

4. 各種気象データの活用

天気図以外の資料として、雲画像やアメダスによる観測データを参考にすることができる。

(1) 雲画像

気象衛星による雲画像（雲写真）には**可視画像**と**赤外画像**がある。可視画像は可視光で見た雲のようすを表している。厚い雲ほど白く見える。夜間は撮影できない。一方、赤外画像は赤外線で見えた雲のようすを表しており、温度の低い場所が白く表現されている。雲頂高度の高い雲ほど白く見える。上層まで発達した積乱雲を識別するときによく使われる。夜間も撮影可能である。理科の教科書や天気予報では赤外画像が使われることが多い。

雲の種類と雲画像での見えかた

雲の種類	赤外画像	可視画像	形状
積乱雲	白	白	団塊状
上層雲（巻雲、巻層雲）	白	灰色	なめらか
下層雲（層雲、層積雲）	暗	白	なめらか

雲画像は30分間隔で撮影されている。ウェブサイトなどでは1時間ごとの画像を公開している場合もある。また、春と秋の真夜中には、気象衛星が地球の影に入り太陽電池による電力を確保できないため撮影されないことがある。

下の図は、2003年8月16日9時の赤外画像と可視画像である。この年は記録的な冷夏であり、天気図にみられるように、真夏になっても日本付近に前線が停滞している。北海道や東北地方の太平洋沿岸では、冷たい北東風に伴って、層雲が発生している。可視画像では太平洋沿岸の層雲がはっきりと見えているが、雲頂高度が低いため赤外画像ではほとんど見えない。

赤外画像

可視画像（左と同じ領域）

（2003年 8月16日 9時）

天気図

雲画像は高知大学気象頁から、天気図は気象庁天気図から入手

- 小学校の理科や中学校の理科第 2 分野で雲画像の活用を学ぶ。赤外画像と可視画像の違いについて直接言及することはないが、指導する立場からは、両者の違いを理解しておくといよい。
 - 中学校の理科第 2 分野では、赤外画像と可視画像の違いに言及している教科書もある。
- 層積雲や層雲のような雲頂の低い雲を赤外画像で見ると、地上から観察すると曇りであっても、雲画像では白く写っていないことがある。雲画像と天気を比較するときには、このような点に注意が必要である。

（2）アメダス

アメダスとは、地域気象観測システムのことである。全国約 1300 地点で、降水量を測定している。このうち、約 850 地点では、風向・風速、気温、日照時間も観測して

いる。また、積雪の多い地域では、積雪の深さも測定している。降水量に関しては、おおむね 17km 間隔にデータが得られる。雨や雪の分布を調べるときに有効である。天気予報やウェブページでよく用いられる分布図は、直前 1 時間の積算降水量である。たとえば、6 時の降水量データは 5 時 0 分から 6 時 0 分までの 1 時間の降水量を示している。

(3) レーダー（解析雨量）

レーダーは、電波を発射し、雨雲による反射を観測することによって、雨雲の分布を調べている。雨量計のない場所であっても雨の分布を知ることができる。大きな雨粒を多く含んでいる雲のほうが電波をよく反射するので、雨雲の強さも測定できる。レーダーの電波は、雨粒に反射されるが、雨粒よりも小さい雲粒には反射されない。したがって、雨粒を含まない雲はレーダーには映らない。

この講習で用いているデータは、厳密にいうと、レーダーの観測値をアメダスの観測値を用いて補正した「解析雨量」とよばれるデータである。解析雨量は 30 分間隔で発表されているが、アメダスの降水量と同様、直前 1 時間の積算降水量を示している。たとえば、6 時 30 分のデータは 5 時 30 分から 6 時 30 分までの 1 時間の降水量である。

下の図は、寒冷前線が通過するときに、アメダスによって観測された降水量の分布と、同時刻の解析雨量を示したものである。アメダスによる観測のある陸上では、どちらのデータも同じような値を示すが、海上では、解析雨量のデータしか使えないため、両者では印象が違って見える。

アメダスの降水量

解析雨量（左と同時刻）

(2010年 4月29日 6時)

天気図

気象庁のウェブサイトより

- 小学校の理科や中学校の理科第2分野では、降水量の分布を調べるときに、アメダスを用いることが多い。しかし、解析雨量を利用することも可能である。
- 小学校の理科では、降水量の数値を扱わずに、「強い」、「弱い」というような定性的な表現でよい。

5. 天気図を用いた天気の詳細

(1) 地上天気図による予想

一般的な傾向として、低気圧の周辺では天気が悪く、高気圧の周辺では天気がよい。したがって、高低気圧の位置がわかれば大体の天気は予測できる。気象通報では、漁業気象で高低気圧の移動速度（進行方向、速さ）を放送している。大雑把にはその速度が持続するとして線形外挿を行ない、後の時刻の高低気圧の位置を推測するとよい（緯度 1 度が約 110km である）。また、低気圧のライフサイクルを考慮すると、閉塞前線ができる前の温帯低気圧は発達し、閉塞前線ができている低気圧は衰弱していくと予想できる（閉塞前線ができても発達が続くこともある）。前線の通過が予想される場合には、気温の急激な変化も予想される。

(2) 専門天気図の活用

近年では、ウェブサイトを通して、専門天気図を入手することができる。専門天気図を活用すると、より正確な予想が可能になる。また、気象学に関する理解を深めるうえでも有効である。専門天気図は、地上天気図、高層天気図のような実況の解析図と、各種予想図に分けられる。予想図は、基本的には数値計算によって得られたものである。

これらのうち、もっとも利用しやすいのは「地上気圧・降水量・海上風予想図」であろう。12 時間おきの地上気圧の分布の予想が描かれているので、これに沿って予想天気図を作成すればよい。予想はあくまで予想であるが、最近の数値予報は精度が向上しているので、1~2 日程度であれば、多くの場合、数値予報の通りに経過すると考えてよい。予想図は、計算機が出力した結果をそのまま作図しているので、等圧線が不自然な形になっていることがある。低気圧や高気圧の中心の位置も示されているが、これも、計算結果から機械的に位置を決めたものである。このため、予想天気図を作成するときには、基本的には数値予報に従いながらも、天気図として自然なように描く必要がある。また、降水域が点線で示されているので、降水の有無の予想に用いることができる。ここで示されている降水は、予想時刻の瞬間の降水の強さではなく、予想時刻 12 時間前から予想時刻までの 12 時間の積算値であることに注意する。また、局地的な降水は数値予報では正確に予想できない場合もある。

温帯低気圧に伴う前線は、低気圧のライフサイクルや等圧線の形から、ある程度予想することができる。しかし、前線の定義は気団と気団の境界であるから、気温分布をみたほうが正確に予想できる。このような場合は、「850hPa 気温・風、700hPa 上昇

流 12 時間予想図」を活用するとよい。等温線の間隔が狭くなっている場所が前線である。正確には、等温線が集中している場所の暖気側に前線を引く。前線の種類は、気温と風の分布から、寒気と暖気の勢力を考慮して判断するのが基本であるが、温帯低気圧の一般的な構造を想定して決めてよい。

- 中学校の理科学第 2 分野では、翌日の気圧配置を自分で予想したうえで、天気を予想する。中学校の理科学第 2 分野や高等学校の地学の教科書には数値予報についての解説もあるが、数値予報を利用して気圧配置を予想するわけではない。
- 小学校、中学校、高等学校とも、天気図や雲画像は 24 時間おきに取り扱うことが多い。しかし、日本国内のみの比較的狭い範囲での天気の移り変わりに注目する場合には、12 時間おきのデータを用いたほうがよい場合もある。

課題

(1) 自分が作成した天気図(29日6時)に描かれている、日本海にある低気圧の中心の位置と、それに伴う前線を解答欄に描き写しなさい(等圧線は写さなくてよい)。次に、その低気圧と前線の28日6時と18時の位置を同じように描き写しなさい(それぞれがどの時刻に対応するか適宜日時を書き入れること)。また、描き写した図を見てわかることを書きなさい。

(2) 自分が作成した天気図と、同時刻の降水の分布や雲画像を比較し、わかることを書きなさい。

(3) 自分が作成した天気図で、気温が 10°C 以下の地点を青い丸で、 $11\sim 15^{\circ}\text{C}$ の地点を緑の丸で、 16°C 以上の地点を赤い丸で囲みなさい。そのうえで、前線の位置と、気温や風向・風力の分布を比較し、わかることを書きなさい。

(4) 鹿児島では29日6時の数時間前に寒冷前線が通過している。鹿児島における、28日6時から29日6時までの24時間の気温、湿度と天気、風向・風力の時間変化をグラフに示しなさい。

- ✓ 気温、湿度は毎時の値を折れ線グラフで表す(気温の目盛りは左側の縦軸に、湿度の目盛りは右側の縦軸に適切に設定する)。凡例も適宜示すこと。
- ✓ 天気と風向・風力は天気記号と矢羽根を用いて3時間ごとに横軸の下に表示する。

(5) 課題(4)で作成したグラフにおいて気温が最も急激に低下しているのは、何時から何時の間か。また、この前後において天気、風向・風力、湿度はどのように変化したか。

- 寒冷前線が通過したときの天気、気温、風向・風速の変化のほうが、温暖前線の場合よりもはっきり現れることが多く、授業では扱いやすい。
- 前線通過時の気温の時間変化には、日変化など前線通過とは直接には関係のない要素が重なり、典型的な変化が見えにくくなっていることも多い。空間分布で見ることも検討するとよい。

(6) 自分が作成した天気図(29日6時)に描かれている、日本海にある低気圧の、12時間後(29日18時)の中心の位置と、それに伴う前線の位置を予想して、課題(1)の図に描き入れなさい。専門天気図を活用してよい。

(7) 課題(6)の結果に基づいて、29日18時の札幌、東京、福岡の天気を予想しなさい。専門天気図を活用してよい。

天気図や観測データの入手について

過去の天気図、アメダスの観測データは、気象庁のウェブサイトで入手できる。

- 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/obsmenu.html>
 - 過去の天気図 <http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>
 - アメダスの観測データ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
 - 天気図 <http://www.jma.go.jp/jp/g3/>
 - 雲画像 <http://www.jma.go.jp/jp/gms/>
 - アメダス分布図 <http://www.jma.go.jp/jp/amedas/>
 - レーダー（解析雨量） <http://www.jma.go.jp/jp/radame/>

過去半日～2日程度

また、過去の雲画像は、

- 高知大学気象頁 <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>
 - 赤外画像 <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/gms.fareast/>
 - 可視画像 <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/JPN/>

で入手可能である。さらに、最新の専門的な天気図を入手することができるウェブサイトとしては以下のものが挙げられる。

- 北海道放送 <http://www.hbc.co.jp/pro-weather/>
 - アーカイブ <http://www.hbc.co.jp/tecweather/archive/index.html> 過去2週間程度
- いであ（株） <http://www.bioweather.net/detailed/rfax.htm>
- 国際気象海洋（株） <http://www.imocwx.com/wxfax.htm>

また、過去の天気図、気象観測データについては、（財）気象業務支援センターでCD-ROMの形で入手できる（有料）。

- （財）気象業務支援センター <http://www.jmbc.or.jp/>

※授業に使えるような事例を見つけたら、天気図、雲画像、アメダス分布図、レーダー（解析雨量）を気象庁のウェブページから早めにダウンロードしておくのが無難です。過去にさかのぼる場合は、気象庁のウェブページから過去の天気図（1か月でひとまとまりになったPDF形式のファイル）を入手して必要なところを切り出して利用し、雲画像は高知大学気象頁から入手することができます。アメダスや解析雨量については、調べた範囲では無償で入手できるサイトはないようです。