

探究の流れ

探究 2 高度と気圧・気温の関係

A 見通し

◆自分の体験、あるいは今までに見聞きした話などから、高い山に登ったときに起こる変化について考えさせる。そこから大気圏の気圧や気温が高度によってどのように変化するのかに興味をもたせ、自らの仮説を立てさせる。

- ☑ 評価の場面 主体
- ☑ 評価の場面 思・判・表

B 活動

◆資料に基づいて、高度と気圧との関係、高度と気温との関係を表すグラフを作成させる。

- ☑ 評価の場面 知・技

C 整理・考察

◆高度による気温の変化のグラフの傾きから、高度による気温の変化の割合を求めさせる。また、気圧や気温の鉛直方向の変化の特徴を考察させ、大気中の境界(圏界面)の存在を見いださせる。

- ☑ 評価の場面 思・判・表

D 振り返り

◆見通し～整理・考察を振り返り、自己評価を行わせる。
→ 指導書付録ワークシートに自己評価欄あり

- ☑ 評価の場面 主体

E 学習内容の理解

◆大気圏の層構造について説明する。
☑ 評価の場面 知・技

学びの視点 大気圏の気圧や気温は、高度によってどのように変化するのだろうか。

1 考えてみよう

高い山に登るとどのような変化があるかを考えさせる。黒板に「高い山に登ると」と書き、これに続く内容を生徒に答えさせていくとよい。気温については、図5を参照させ、高山では夏でも雪が融け残っていることから考えさせることも考えられる。

〈回答例〉

- ・気温が下がる。
- ・ペットボトルや菓子の袋などの密閉した通気性のない容器がパンパンに膨らむ。
- ・水が沸騰する温度が低くなる。

など

● 高度による気圧と気温の変化 ●

学びの視点 大気圏の気圧や気温は、高度によってどのように変化するのだろうか。



図5 夏の高山(富山県立山, 7月)

A

考えてみよう 自分の体験、あるいは今までに見聞きした話などから、高い山に登ったときに起こる変化を考えてみよう。

B

探究実習 2 高度と気圧・気温の関係

課題 大気圏の気圧や気温は、高度によってどのように変化するのだろうか。

私の仮説 ① 高度が高くなるにつれて、気圧は()。仮説の理由 ()
② 高度が高くなるにつれて、気温は()。仮説の理由 ()

データの収集 上空約 30 km までの気圧や気温は、ラジオゾンデという観測装置を気球につけて飛ばすことで測定している。気象庁では国内 16 か所で、1日に2回(9時・21時)観測を行っている。

探究の流れ

探究実習の流れと評価を行う場面を整理して確認できるようにしました。DVD-ROM 収録の「探究の指導と評価の計画例」と対応しています。

4.4	600	5	14.3	150	-03	26.8	20	-50
5.9	500	-3	15.5	125	-09	28.7	15	-47
7.6	400	-13	16.8	100	-17	31.4	10	-41
9.8	300	-29	18.9	70	-28			

和歌山県海南特別地域気象観測所において、2018年8月の午前9時に観測された値を1か月平均したもの、実測値より数値の桁数を減らしてある。

72 第2部 | 大気と海洋

課題 私たちが自ら移動できる標高の範囲は、0～3000 m 程度である。これは大気圏の中では狭い範囲

学びの視点

教科書と同じ「学びの視点」を、指導書にも掲載しています。

節目で課題を確認することで、授業の流れが作りやすくなります。

事象が気圧に関係しているのか、気温に関係しているのかを考え、自分の仮説にするとよい。

(記入例)

仮説①：高度が高くなるにつれて、気圧は(低くなる)。

仮説の理由：(高い山に登ると、密閉された菓子の袋が膨らむ。)

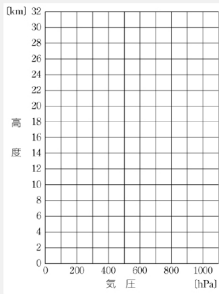
仮説②：高度が高くなるにつれて、気温は(低くなる)。

仮説の理由：(図5の写真のように、夏でも高い山には雪が残っている。)

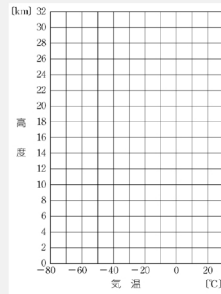
方法 教科書紙面に示したデータを使い、グラフを作成する。(1)点をはっきりと打つ、(2)点と点はなめらかに1本の線で結ぶ、と指示をするとよい。

- 方法**
- ① 各高度における気圧のデータをもとに、グラフを作成する。
 - ② 各高度における気温のデータをもとに、グラフを作成する。

結果 ① 高度と気圧のグラフ



② 高度と気温のグラフ



結果の整理

- ① 気圧が地上の $\frac{1}{2}$ になる高度は約何 km か。また、気圧が地上の $\frac{1}{4}$ になる高度は約何 km か。
 $\frac{1}{2} : (\quad \quad \quad \text{km}) \quad \frac{1}{4} : (\quad \quad \quad \text{km})$
- ② 気温が最も低くなる高度は約何 km か。
 $(\quad \quad \quad \text{km})$
- ③ 高度 10 km と地上では、気温の差は約何℃か。
 $(\quad \quad \quad \text{℃})$
- ④ 地上から高度 10 km までの間で、気温は 100 m あたり約何℃変化したか。
 $(\quad \quad \quad \text{℃})$

探究実習の解説では、想定される生徒の反応や思考の促し方など、丁寧な解説を心がけました。

解しよう。

結果 右図

結果の整理

- ① 地上の気圧は 1000 hPa であるため、気圧のグラフで横軸が 500 hPa, 250 hPa のときの高度を読み取る。表中のデータから答えてもよい。

$$\frac{1}{2} (6 \text{ km}) \quad \frac{1}{4} (11 \text{ km})$$

- ② 気温が最も低くなる高度を読み取る。なお、①②では約何 km かと聞いているため、およその数字を整数で答えるように指示するとよい。(17 km)
- ③ 高度 10 km の気温は -30°C 、地上の気温は 28°C であるため、その差は 58°C である。(58℃)
- ④ ③より、気温は地上から 10 km で 58°C 変化しているため、次のように計算する。

$$58^\circ\text{C} \times \frac{100 \text{ m}}{10 \text{ km}} = 58^\circ\text{C} \times \frac{100 \text{ m}}{10 \times 10^3 \text{ m}} = 0.58^\circ\text{C} \quad (0.58^\circ\text{C})$$

考察

- ① 高度が高くなると、気圧は低くなる。グラフをより詳しく見ると、地上の気圧を 1 とした場合、気圧が $1 \rightarrow \frac{1}{2}$ になるのに 6 km, $\frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{4}$ になるのに

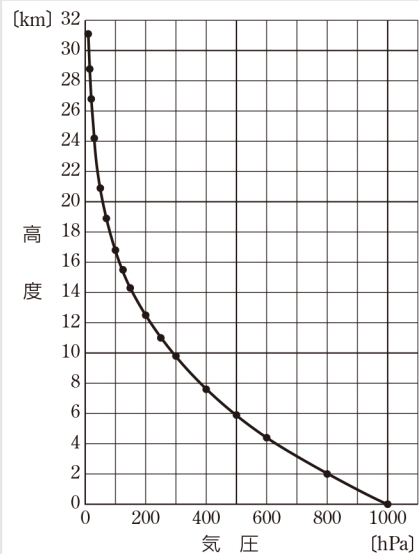
5 km, $\frac{1}{4} \rightarrow \frac{1}{8}$ になるのに 5 km かかっていることが読み取れる。

解答例(気圧は高度が上がるにつれて低くなり、5~6 km 高くなるごとに半減する。)

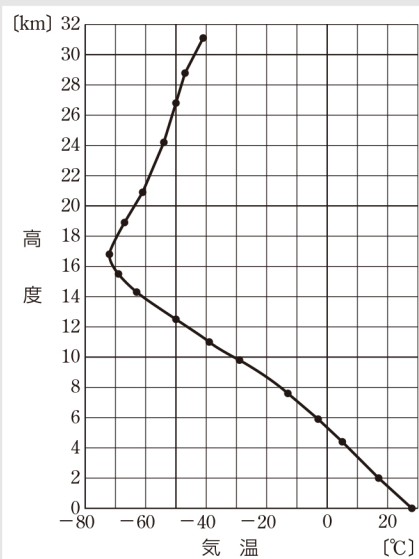
- ② 仮説で、高度が高くなるにつれて気温は低くなるとした生徒が多いと思われるが、実際の気温は途中から上昇に転じている。

解答例(ある高度(約 17 km)までは、高度が上がるにつれて気温は低くなるが、それを超えると気温は上昇する。)

結果 高度と気圧のグラフ



高度と気温のグラフ



探究のまとめ

- ・気圧は高度が上がるにつれて低くなり、約5.5 km ごとに $\frac{1}{2}$ になる。
- ・気温は高度が上がるにつれて低くなるが、ある高度を境界に上昇に転じる。

1 圏界面 正確には対流圏界面という。夏は高度が高く、冬は低くなる。また、低緯度のほうが高緯度より高度が高い。地表の気温が高いところほど圏界面が高くなっていると考えるとよい。積乱雲の頂上の平らになる部分や巻雲は、圏界面付近でできやすい。圏界面付近には、偏西風の強い軸であるジェット気流も吹いている。

旅客機の巡航高度が圏界面付近であることが多い。これより上は成層圏なので、常に晴れている。

参考資料 大気層構造と四季 (→ p.149)

2 成層圏 上空ほど気温が高いため、大気上下運動(対流)が起こりにくい(図p.75 やってみよう)。そのため、上昇気流を主な原因として発生する雲はできない。風は水平方向の流れとなる。

3 オゾン層 成層圏に存在するオゾン濃度が高い層。太陽光線中の紫外線を吸収することで、地表に届く紫外線が減少し、地上で生物が息できる環境となっている。

よくある質問と回答

1880 授業中に、実際に生徒から先生に質問がを中...
8×10...
の厚みに相当する。

つまずき対策

生徒が間違えやすい点、誤解する内容などを紹介し、その対策例を取り上げています。

こうして約4億年前には大気中の酸素濃度が現在の濃度になった結果、現在と同程度の紫外線遮蔽効果をもつオゾン層ができ上がり、陸上に生物がすめるよう

E 大気圏の構造

探究実習2でわかったように、気圧はその地点より上にある大気の重さであるため、高度が上がるにつれて気圧は低くなり、約5.5 km ごとに気圧は $\frac{1}{2}$ になる。一方、気温は地表から高度が上がるにつれて低下していくが、ある高度を境界に上昇に転じる。大気圏は、このような高度による気温変化の様子をもとに、下層から上層に向かって、対流圏・成層圏・中間圏・熱圏の4つの層に区分される(図6)。

対流圏

地表から高度約11 km までは、気温は平均して100 m につき約0.65℃ずつ低下していく。この部分を対流圏とよび、このように気温が高度とともに下がる割合を気温減率とよぶ。大気中の水蒸気の大抵は対流圏に存在し、雲の発生や降水などの現象は、ほぼ対流圏のみで起こっている。

対流圏の上は**1 圏界面**という。圏界面の高度は季節によって変化し、平均すると約11 km であるが、高緯度地域では約9 km、低緯度地域では約17 km と、緯度によっても異なる。

地球を1周4 m の球とすると、対流圏(約11 km)の厚さはどのくらいとなるか。

成層圏とオゾン層

圏界面から高度約50 km までは、気温は高度とともに少しずつ上昇する。この部分を**2 成層圏**とよぶ。成層圏では、下のほうが低温であるため、対流は起こりにくい(やってみよう)。

成層圏内の高度約15~30 km にかけて、オゾン(O₃)濃度が高い層があり、これを**3 オゾン層**という。成層圏内で気温が高度

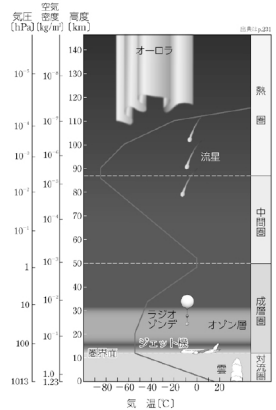


図6 大気圏の区分 指数についてはp.233を参照。

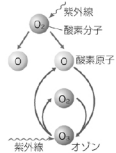


図7 オゾン層での紫外線の吸収 酸素分子(O₂)が太陽からの紫外線を吸収してオゾン(O₃)が生成される。生成されたオゾンもまた紫外線を吸収して分解される。このような反応がくり返されることで、太陽からの紫外線の大部分がオゾン層で吸収される。

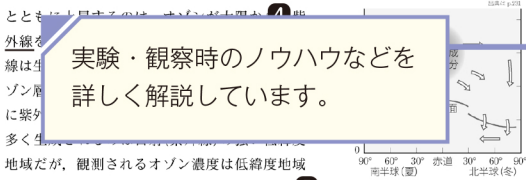
圏界面は各領域の境界という意味。正確には対流圏界面という。特に明示しない場合、対流圏と成層圏の境界を指す。
a) troposphere b) stratosphere c) ozone layer

になったと推測されている(図p.152)。こうしたことから、オゾン層は他の惑星にはない、地球大気に特有の存在であることが理解できる。

よくある質問と回答 オゾン層の高度

オゾン層はなぜ特定の高度に限って存在するのですか。
回答例 オゾンは酸素分子に紫外線が当たることによって生成されるので、上空すぎると酸素濃度が薄すぎて生成されず、下層すぎると上空で紫外線が吸収されてしまっているため生成されない。このような理由で、オゾンはある高度範囲でしか生成されない。また、オゾンは生成される一方でどんどん分解されるので、大気全体に拡散して一定の割合で存在するのではなく、生成される高度付近で濃度が高くなっているのである。

4 紫外線 **つまずき対策** 紫外線という言葉はよく耳にするが、正しく理解されていない場合がある。太陽光線は電磁波とよばれる波で、様々な波長のものが含まれている。そのうち最も強く、また我々人類が目で見ることができるとよばれる波長域のものを可視光線とよんでいる。それよりも波長が短いものを紫外線、波長が



地域だが、観測されるオゾン濃度は低緯度地域よりも高緯度地域で高い。これは、低緯度地上空で生成されたオゾンが、大気の流れによって高緯度地域へ輸送されているためである(図8)。

1980年代に、大気中に放出されたフロンから生じる塩素が触媒となり、オゾンが破壊されることが明らかとなった。フロンは大気中に蓄積し、熱帯の上昇気流によって成層圏に入り、極域まで到達する。この影響、南極では春先(9月~10月)にオゾン濃度が極端に薄くなった(図p.213)。オゾン濃度が低下すると、生物にとって有害な紫外線の地表に到達する量が増加する。

8 やってみよう 高温のものが上にあると対流は起こりにくい

成層圏は、地表に近いほうが気温が低く、上空ほど気温が高い。このような場合には対流が起こりにくいことを確かめてみよう。

- 1 同じ形のコップ2個とプラスチックの板1枚を用意する。
- 2 一方のコップに湯(絵の具などで着色するよい)を、他方のコップに水を入れ、湯を入れたコップの上にプラスチックの板をのせる。
- 3 プラスチックの板をのせたコップをひっくり返し、もう一方のコップに重ねる。
- 4 プラスチックの板を静かに引き抜き、その後の変化を観察する。
- 5 反対に、上のコップを水、下のコップを湯にして③④を行い、変化を観察する。これは、対流圏と同様に、上のほうが温度が低いモデルとなる。



● 中間圏・熱圏 ●

高度約50kmから約80~90kmまで(9中間圏)とよぶ。気温は高度とともに低下し、中間圏の上部で最も低温になる。大気の密度は、上空ほど小さくなる。大気組成は、中間圏より少し上の高度約100kmまでは地上とほぼ同じである。

① 人工のガスであるクロロフルオロカーボン類の、日本で一般的な名称、炭素と塩素、フッ素の化合物で、対流圏では非常に安定な物質である。エアコンや冷蔵庫の冷媒、スプレーの噴射剤として、かつては多量に使用されていた。
a) ozone hole b) mesosphere

長いものを赤外線とよんでいる。

紫外線も赤外線も、可視光線と同じ電磁波であることを確認したい(図p.85, p.224資料5)。

5 図8 対流圏・成層圏におけるオゾンの生成と運搬の様子(模式図) 『一般気象学』(東京大学出版会、小倉義光、1984)の図をもとに作成。オゾンは、成層圏で酸素分子が太陽光線中の紫外線を浴びることで生成されるので、低緯度地域上空が「オゾン生成の多い部分」となっていることを理解させる。生成されたオゾンは、成層圏での大気の流れ(図中の矢印)により、高緯度、特に冬半球側(1月ごろは北半球、8月ごろは南半球)に運搬される。そのため、オゾンの濃度は生成される低緯度よりも、高緯度で高くなることを理解させる。

生成されるので、低緯度地域上空が「オゾン生成の多い部分」となっていることを理解させる。生成されたオゾンは、成層圏での大気の流れ(図中の矢印)により、高緯度、特に冬半球側(1月ごろは北半球、8月ごろは南半球)に運搬される。そのため、オゾンの濃度は生成される低緯度よりも、高緯度で高くなることを理解させる。

6 北極で大規模なオゾンホールが発達しない理由 (→p.150)

7 オゾンホール オゾン層のオゾン濃度が極端に薄くなった部分。南極上空で毎年春先(9月~10月)に

出現する。フロンガスが分解されて放出された塩素原子がオゾンを破壊するためにできる(図p.213)。

8 やってみよう 高温のものが上にあると対流は起こりにくい (教p.75) (配当時間30分)

【指導目標】 上が高温、下が低温である構造の成層圏で、対流が起こりにくいことを確認させる。

【準備】 同じ形の透明コップ2個、プラスチックの板、絵の具、かき混ぜ棒(割り箸など)、水、湯

【準備上の留意点】 プラスチックの板は、下敷きを2つに切ったものなどでよい。透明のものが、下のコップが見えてやりやすい。

湯は、水より30℃ほど高い、素手でコップを持てる温度でよい。

【方法と留意点】 ①湯は絵の具などで着色する。一方のコップに着色した湯を、他方のコップに水を入れる。②湯を入れたコップの上にプラスチックの板をのせる。これをプラスチックの板を押さえながらひっくり返し、他方のコップに重ねる。上と下のコップがなるべくずれないように置く。

③プラスチックの板をコップぎりぎりのところまで引っ張り、上のコップと下のコップの位置を合わせて、プラスチックの板を静かに引き抜く。

【結果】 真ん中の板を引き抜いても、上のコップの着色した湯は下のコップの水と混ざらない。

反対に、上のコップを水、下のコップを湯にして同じ作業を行うと、全体が混ざる。

【考察】 上のコップが湯、下のコップが水の場合は、上空ほど高温の成層圏の、逆の場合は、上空ほど低温の対流圏の対流しやすさを表している。

9 中間圏 対流圏と同様に上空ほど低温の温度構造となっている。極地方でわずかな水蒸気が凝華して、薄い氷の雲が発生することもある。このような雲は、極中間圏雲(夜光雲)とよばれる。夜光雲は現在では毎年現れるが、産業革命以前に見られたという記録はなく、オゾンホールと同様に、人間活動に関係して出現したものではないかと考えられている。

他にも

- 授業導入例
- 指導の要点・指導上の留意点
- **発問例** / 板書例 / **話題**

などのコーナーを設けた、充実の解説書となっています。