

気象学概説

(2018 年度秋学期)

目次

| | | |
|------|-------------|-----|
| 1 | 地球大気概観 | 1 |
| 2 | 大気熱力学 | 4 |
| 3 | 大気安定度 (1) | 16 |
| 4 | 大気安定度 (2) | 24 |
| 5 | 雲と降水 | 33 |
| 6 | 大気における放射 | 42 |
| 7 | 大気力学 (1) | 49 |
| 8 | 大気力学 (2) | 58 |
| 9 | 大気の大循環 | 64 |
| 10 | 温帯低気圧と傾圧不安定 | 70 |
| 11 | 熱帯低気圧と台風 | 81 |
| 12 | 気候の変動 | 88 |
| 補講 1 | 運動量保存則 | 97 |
| 補講 2 | 微分方程式の解法 | 101 |
| 解説 | 気圧の鉛直分布 | 105 |

1 地球大気の概観

1. 1 大気の組成

地球大気の組成は、水蒸気を除くと、地表付近から高度 80 km くらいまではほぼ一定である。体積比で示すと、**窒素^中**(nitrogen) (N_2) が約 78%、**酸素^中**(oxygen) (O_2) が約 21%、**アルゴン^高**(argon) (Ar) が約 1%、**二酸化炭素^中**(carbon dioxide) (CO_2) が約 0.04%である。高度 80 km より上層では重力による分離が生じ、分子量の小さい気体分子や原子の割合が増えていく。

- ☞ 中学校理科第 1 分野の化学的領域や高等学校の地学で、大気の組成を取り上げる。
- ☞ 大気の組成は体積比で表されることが多い。地球の大気のように理想気体（後述）とみなせる気体においては、体積比は、物質量の比や分圧の比に等しい。体積比ではなく質量比で示した場合には、組成の値が異なることに注意が必要である。

他の**地球型惑星^高**(terrestrial planet)である金星や火星においては、大気の主成分は二酸化炭素である。地球において、大気中の二酸化炭素が少ないのは、おもに海洋によって吸収されたからである。一方、木星、土星、天王星、海王星のような**木星型惑星^高**(Jovian planet)の大気は水素 (H_2)、ヘリウム (He)、メタン (CH_4) などからなる。

1. 2 大気の鉛直構造

地球大気の鉛直構造をみると層構造をしていることがわかる。地上から約 11 km までは**対流圏^高**(troposphere)と呼ばれる。雲の発生や降水など、通常よく知られた気象現象が起こるのは対流圏である。対流圏では高度とともに気温は低下する。その割合は、1 km につき約 $6.5^{\circ}C$ である。なお、対流圏の厚さは緯度によって異なり、赤道域では 17 km 程度に達するが、高緯度域では 9 km 程度である。

対流圏の上は**成層圏^高**(stratosphere)である。成層圏は、対流圏とは違って、上にいくほど気温が高い。対流圏と成層圏の境目を**圏界面^高** (**対流圏界面^高**) (tropopause)という。成層圏で上に行くほど温度が上がるのは、**オゾン^高**(ozone) (O_3) が紫外線を吸収することによって、大気が加熱されているからである。高度約 50 km で気温は極大になる。オゾンは下部成層圏の高度 20~30 km 付近

を中心として多く存在している。この高度帯を**オゾン層^高**(ozone layer)とよんでいる。ただし、上空に行くほど大気自体が薄くなるので、オゾンによる温度上昇は、より上層で顕著である。成層圏オゾンは地球上の生物にとって有害な紫外線の多くを吸収している。しかし、オゾンそのものには毒性があるので、基準を超える対流圏オゾンは有害である。近年では、**フロン^高**(chlorofluorocarbon; CFC) (炭素、塩素、フッ素からなる有機化合物) によってオゾン層 (成層圏オゾン) の破壊が生じている。

成層圏の上には**中間圏^高**(mesosphere)であり、再び高度とともに気温が低下する。中間圏の上は**熱圏^高**(thermosphere)とよばれる。熱圏では、大気は非常に薄く、高度とともに温度が高くなる。また、気体の原子、分子が、太陽からのX線、紫外線や**太陽風^高**(solar wind) (太陽から流れてくる荷電粒子の流れ) に含まれる電子によって電離し、イオンと電子に分かれている。このような層のことを特に**電離層^高**(ionosphere)という。電離層は電波を反射する性質がある。**オーロラ^高**(aurora)は、高速の荷電粒子が酸素原子や窒素分子に衝突したときに発光する現象であり、熱圏で生じている。

なお、固体地球の半径はおよそ 6400 km であり、地球の半径に比べて大気は非常に薄いことがわかる。

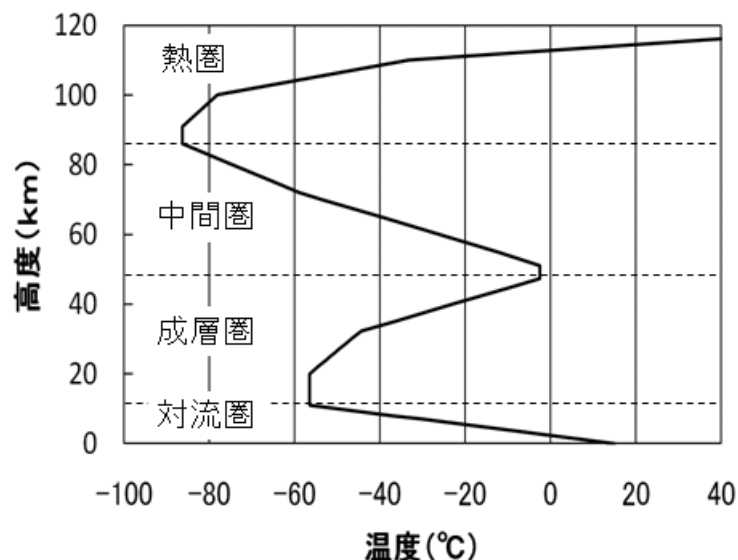


図 1-1: 地球大気の層構造

- ☞ 高等学校の地学で、大気の厚さ、層構造を取り上げる。中学校の理科第2分野においても、雲のできる高さという形で、対流圏の厚さに言及している。

地球の半径と大気の厚さを対比して理解するとよい。

☞ 高等学校の地学の天文学の分野で、太陽風やオーロラにふれる。