

「環境科学」第2章の問題解答（2-1節，2-2節）

2-1 ドリル問題

問題1 <解答例>

- (1) 対流圏→ 地表から高度8~18km（通常10~12km付近）に達する部分のことで、地球を取り囲む大気層のうち最も下の層を指す。高度が増すにしたがい気温が低下する傾向があり、日射によって地表面が暖められるので、大気の対流が活発で空気の上下混合が起こりやすい。
- (2) 成層圏→ 対流圏の上端から高度45~50kmに達する部分のことで、地球を取り囲む大気層のうちで、下から2番目の層である。この層は高度が増すにしたがい気温が上昇するので、安定な「成層」を形成している。このため、大気の対流が起らず、鉛直(上下)方向の空気の混合が起こりにくくなっている。
- (3) オゾン層→ オゾンは成層圏（上空10km~50km）に多く存在しており、このオゾンの多い層をオゾン層という。太陽からの有害な紫外線を吸収し、地上の生命の存在に不可欠である。成層圏のオゾンは地上20km付近に最も多く存在している。（混合比濃度が高い部分は30~40kmにあり、最大で10ppmに達する。）
- (4) 対流圏界面→ 平均的には高度10~12km付近にあつて、対流圏と成層圏の境を成している部分である。この高度は、日射の激しい赤道付近では対流が活発で高く（18kmに達することがある）なり、逆に日射が弱く、対流が弱い極地方では低く（冬は8km程度）なっている。
- (5) 大気境界層→ 対流圏では、地表から高度0.5~2kmほどの空間にある大気は、その上側の大気に比べ、地表面の摩擦や日射による熱的な影響を受けて、流れ(風)が複雑で遅くなっている。この層を大気境界層と呼ぶ。都市の大気汚染物質の蓄積が進むのはこの層であり、人間の生活への影響が大きい。
- (6) 紫外線→ 紫外線は、可視光の紫より波長が短く、10nm~400nmの範囲の電磁波のことである。太陽から様々な波長の電磁波が地球に届く。その電磁波のうち、紫外線領域にあるものを通常、波長ごとにA波（315~400nm）、B波（280~315nm）、C波（100~280nm）の3種に分ける。このうち、BおよびC波はDNAを強く損傷し、生命の存在さえ危うくする。C波は成層圏とその上の中間圏で吸収され地表には届かない。一方、B波は、オゾン層で大部分が吸収されるが、僅かな量が地上に届き、生物に有害であることから、有害紫外線とも呼ばれる。また、B波はA波とともに、大気汚染の典型である光化学スモッグの発生を促進する。
- (7) ppm→ parts per millionの略で、百万分率(10^{-6} を意味する)を表し、汚染物の濃度表示によ

く用いられる。体積（主にガス状の大気汚染物質）や重量（主に水質や土壌の汚染物質）の混合比率を示す。

- (8) 飽和水蒸気圧→ 水蒸気量がそれ以上存在すると凝縮して水滴（氷粒）となる飽和した状態の水蒸気圧をいう。

もう少し詳しく述べると、気体中に存在できる水蒸気の量には限界があり、それ以上含めない限界を飽和と呼ぶ。この時の水蒸気の圧力を飽和水蒸気圧と呼び、この値は温度が上昇すると大きくなる。水蒸気が飽和した空気に水蒸気をさらに加えると、水や氷が析出する。

- (9) 相対湿度→ 空気の湿り具合を湿度という。湿度の表現方法には絶対湿度と相対湿度があり、相対湿度(Relative Humidity)が日常的によく用いられる。相対湿度は水蒸気圧の値(p)をその温度での飽和水蒸気圧(p_s)に対する百分率として定義される。

$$RH(\%) = (p/p_s) \times 100$$

問題2 （単位などは重複して記載している）

- (1) 10~20 m³
- (2) 500 ml, 10~13 回
- (3) 21 %, 16 %, 8 %
- (4) 気温, 0.1, 気温, 4 %
- (5) 産業革命以前は 280 ppm であったが、2005 年には 380 ppm に達している。毎年約 0.45% ずつ増加している。
- (6) 1013 hPa 1.3 g/L
- (7) 85 ~ 88 %
- (8) 1000 分の 1, 99.9%
- (9) 8
- (10) 54%

水の 20°C の飽和水蒸気圧 $P_w^s = 23.4 \text{ hPa}$ --- (表 2-7)

20°C, 1 気圧下における 0.95g の水の体積 = 1.27 L, 乾燥空気の体積が 100 L であるので、分圧の法則から、水蒸気分圧は、

$$P_w = 1.27 \times 1013 / (100 + 1.27) = 12.7 \text{ hPa}$$

したがって、 $RH = (12.7 / 23.4) \times 100 = 54\%$

問題3 <解答> 2-1-1 注4参照 地球の自転方向だから、東西方向が早い。

チェルノブイリ漏出放射性粒子、東西方向 20 日で地球を一周、南北方向では 1 年半。

問題4 <解答例>

- (1) 呼吸は空気から酸素を取り込み、同時に二酸化炭素を吐き出すことである。この点において、外呼吸も内呼吸も同じであるが、これらは本質的に異なっている。外呼吸の本質は肺による空気中の酸素と血液中の二酸化炭素の交換であり、内呼吸では細胞内での代謝過程として酸素が栄養成分と反応して細胞内にエネルギーが蓄えられ、その結果として二酸化炭素を生じる。したがって、内呼吸により作られた二酸化炭素を体外へ排出し、代謝に必要な酸素を空気から取り込むことが外呼吸であともいえる。
- (2) 吸気の成分は、 O_2 : 21%, CO_2 : 0.04%, 水蒸気 ; 0.1~4% であるが、平均的な呼気の成分は、 O_2 : 16%, CO_2 : 3.6%, 水蒸気 ; 6.2% と、大きな差がある。
- (3) N_2 ; 78.09%, O_2 ; 20.94%, Ar ; 0.93%, CO_2 ; 0.037% となっている。(表 2-5 を参照)
- (4) 光合成を行う生物が海面下で誕生して、大気中に酸素が存在するようになるとオゾン層が形成された。それにより太陽からの有害な紫外線が吸収されるようになると、海面や地上に光合成を行う植物が大量に繁茂するようになって、大量の酸素の蓄積が進んだ。大気中に酸素の基になる二酸化炭素がほぼ消滅するに及んで、酸素濃度の増加はほぼ停止した。
- (5) 乾湿計 ; 通常温度計 (乾球) と常時ぬれた状態の湿球からなり、その指示温度の差から湿度を計測するもの。

毛髪乾燥計 ; 毛髪の伸び縮みから湿度を計測するもの。

なお、湿度の測定はさまざまな原理に基づいて行われている。そのいくつかをあげると、

1. 水蒸気量の測定
2. 露点の測定
3. 水の蒸発量の測定
4. 電気的特性の測定
5. 機械的変位の測定
6. 電磁波による測定

などがある。本書に記載した乾湿計 (乾湿式湿度計) は、最も身近で簡便なものであるが、その一種であるアスマン式通風湿度計はさまざまな湿度計の校正や検定を行うための基準器としても用いられる。公共的な気象観測として行われる湿度測定では、検定に合格した乾湿式湿度計、毛髪製湿度計、露点式湿度計または電気式湿度計を用いることが義務付けられている。最近は上記の測定原理 4 に基づいて、高分子膜の静電容量の変化を測定するものが広く用いられている。以

下に、実際の測定法の例をあげておく。

- ① 乾湿計を用いる方法； 通常の温度計（乾球）と常時ぬれた状態の湿球から成り，その指示温度の差から湿度を求めるもの(換算表(表 2-8))である。これは，湿度が低ければ水の蒸発が早まり，蒸発によって湿球の温度が低くなるので，乾球と湿球の温度差が大きくなることを利用したものである。
 - ② 毛髪乾燥計を用いる方法； 毛髪の伸び縮みが湿度に依存することを利用したもので，上記の測定原理 5 に基づくものである。
 - ③ 静電容量型湿度計を用いる方法：高分子膜が水分を吸収すると静電容量が変化することに基づく。
 - ④ 絶対水分測定法： 測定原理 1 に基づく。2-1 ドリル 問題 2 の(10)がその例である。
 - ⑤ 露点を測定する方法： 測定原理 2 に基づくもので，露点から絶対湿度が求まる。また，気温の測定データから，露点と気温における飽和水蒸気圧を求め，それらの比から相対湿度も求まる。
- (6) 表 2-8 により， 相対湿度は 63%。
- (7) 単位体積中の質量やモル数で表す方法， および混合比で表す方法の 2 種がある。後者では， ppm や ppb のような単位がよく用いられ， 混合の比率を体積比で表す場合と， 重量比で表す場合とがある。

2-2 ドリル問題

問題1 <解答例>

- (1) サーマル NO_x→ 高温燃焼で空気中の窒素が酸化されて生成したもの。
- (2) フューエル NO_x→ 燃料中に元から存在している窒素が燃焼過程で NO_xになったもの。
- (3) 排出目録→ それぞれの汚染物質について、排出源ごとに、排出量(年間)を表にまとめたもの。
- (4) 排出係数→ 一般に [汚染物質排出量] / [生産量 (あるいは燃料使用量や走行距離)] といった形に整理され、地域や国全体での総排出量を算出するのに不可欠な数値である。

問題2 <解答>

- (1) 大気汚染防止法, 1700, 1300, 400, 自動車排出ガス
- (2) 18, 1972年, 1987年, 1992年, 1997年
- (3) 持続可能な開発 ①地球温暖化, ②オゾン層保護, ⑤砂漠化

問題3 <解答> ④

問題4 <解答>②, ④, ③, ⑤, ①

問題5 <解答例>

- (1) 空気中の二酸化炭素, 陸上や海中の植物, 地表や土壌中の有機物, 地中の化石燃料, 海水中の炭酸塩, 石灰岩, 堆積物, 海洋生物など
- (2) 二酸化硫黄, 硫化水素, 硫化ジメチル (DMS), 二硫化炭素, 三酸化硫黄, 硫酸など
- (3) 窒素, 一酸化窒素, 二酸化窒素, 一酸化二窒素 (亜酸化窒素), 硝酸, 亜硝酸, アンモニアなど
- (4) 自動車, 工場・民生等, 建設機械等, 船舶・航空機 など