

奈良県立医科大学 後期

平成 26 年 度

試 験 問 題

理 科

(9 時 ~ 12 時)

【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中をみてはならない。
2. 試験科目、ページ、解答用紙数および選択方法は下表のとおりである。

科 目	ページ	解答用紙数	選 択 方 法
化 学	1 ~ 14	2 枚	左の 3 科目のうちから 2 科目を選択せよ。
生 物	15 ~ 32	3 枚	
物 理	33 ~ 44	3 枚	

3. 監督者の指示に従って、選択しない科目を含む全解答用紙(8枚)に受験番号と選択科目を記入せよ。
 - ① 受験番号欄に受験番号を記入せよ。
 - ② 選択科目記入欄に選択する 2 科目を○印で示せ。

上記①、②の記入がないものおよび 3 科目を選択または 1 科目のみを選択した場合は答案全部を無効とする。
4. 解答はすべて解答用紙の対応する場所に記入せよ。
5. 物理を選択するものは、必要な計算等を解答用紙中の計算用余白で行え。採点の参考にする。
6. 試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせよ。
7. 解答用紙はいずれのページも切り離してはならない。
8. 解答用紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってよい。

化 学

化学の全問を通して、必要ならば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0

- 【1】 周期表において、右上に位置する非金属元素の原子は、希ガスを除き、陰イオンになりやすく、互いに結びついて分子をつくる。非金属元素の単体や化合物の性質に関連した次の設問に答えよ。

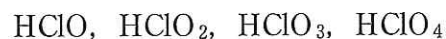
問 1 文化財の年代測定法の一つに放射性炭素年代測定法がある。炭素には化学的に安定な ^{12}C や ^{13}C の他に、放射性的の ^{14}C が存在する。 ^{14}C は上層大気中で宇宙線により生じる中性子が窒素原子 ^{14}N と反応することで生成し、一方で壊変することにより再び ^{14}N に戻るため、大気中の ^{14}C 濃度はほぼ一定に保たれている。 ^{14}C の半減期は 5730 年と長いため、その存在比を調べることとで動植物が死んだ時期を推定することができる。ある遺跡の出土品の ^{14}C 存在比が自然界の $\frac{1}{4}$ に減少していた場合、その遺跡は、およそ何年前のものかと推測できるか。

問 2 塩素の安定同位体には ^{35}Cl と ^{37}Cl とが存在する。分子状塩素のモル質量の平均が 71 g/mol の場合、塩素の同位体の存在比率を求めよ。ただし、 ^{35}Cl と ^{37}Cl の相対質量は、それぞれ 35 と 37 であるとせよ。

問 3 天然の水分子には、質量数 1 の水素原子 ^1H で構成された $^1\text{H}_2\text{O}$ の他に、重水素 ^2H (ジュウテリウムとよばれ D で表される) を含む水も存在する。以下の選択肢のうち、正しい記述をすべて選べ。

- ア) 天然の水を電気分解すると、残液に重水素を含む水が濃縮される。
- イ) 18 L の容器に水を満たした場合、 H_2O よりも D_2O のほうが重い。
- ウ) D_2O は放射性物質として原子炉で作られる。
- エ) アミド結合の加水分解に D_2O を用いることはできない。

問 4 非金属元素の酸化物と水が反応すると、オキソ酸が生じる。次に示す塩素のオキソ酸を、酸としての強さが強い順に並べるとともに、その理由を説明せよ。



問 5 硫化鉄(II)に希塩酸を加えて気体Aを、銅に熱濃硫酸を加えて気体Bを発生させ捕集した。各々について化学反応式と発生した気体の捕集法を記せ。

問 6 アンモニアは刺激臭をもつ無色の気体で、水に非常に良く溶け、得られたアンモニア水は弱い塩基性を示す。アンモニア水に希硫酸を滴下し、中和点①に達したときの反応液は、硫酸アンモニウム水溶液となる。この硫酸アンモニウム水溶液は弱い酸性を示す。②

下線部①、②の性質を示すイオン反応式を記せ。

【2】 次の文章を読んで、設問に答えよ。アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ としてよい。

地球の環境は、降りそそぐ太陽光と豊富に存在する水の影響を大きく受けている。植物は、この太陽からの光エネルギーと、水を利用して、光合成により二酸化炭素をグルコースなどの炭水化物へと変化させている。^①

一方、水は、同じような分子量をもつ他の物質と比較して、大きな蒸発熱・融解熱をもち、沸点・融点も高い。^② 水は凝固すると氷に状態変化する。一般的に家庭の冷凍庫で作られる氷の結晶は六方晶であり、273 K における氷の密度は、同じ 273 K の液体の水より小さく、^③ 液体の水の密度は 277 K で最大となる。

水は氷のほかにも、メタンや二酸化炭素などガス分子の存在下で適当な温度・圧力になると、ガス分子を含んだ固体結晶をつくる。そのなかでも水とメタンから生成し、日本近海の海底下に存在が確認されている A は、新しい化石燃料資源^④として注目を集めている。

問 1 下線部①について、以下の問いに答えよ。

- (1) 光合成によりグルコースを生成する化学反応式を書け。
- (2) (1)の反応において、グルコース 1 mol を生成するのに必要な反応熱を次の数値を用いて符号を付けて答えよ。気体の二酸化炭素の生成熱 394 kJ/mol 、液体の水の生成熱 286 kJ/mol 、グルコースの生成熱 1273 kJ/mol 。

問 2 下線部②の理由を述べよ。

問 3 下線部③について以下の問いに答えよ。

- (1) 六方晶単位格子(形は六方最密構造の単位格子と同じ)の底面の辺の長さを等しく a 、高さを c としたとき、単位格子の体積を a と c を用いて表せ。無理数はそのまま残してよい。
- (2) 273 K における氷の単位格子体積が $0.13 \times 10^{-27} \text{ m}^3$ のとき、この氷の密度 (g/cm^3) を、計算過程を示して有効数字 2 ケタで求めよ。なお、単位格子に水分子は 4 個含まれる。

問 4 下線部④について以下の問いに答えよ。

- (1) Aに入る言葉を書け。
- (2) Aの結晶構造は立方晶のうち体心立方格子に分類され、単位格子の体積は $1.7 \times 10^{-27} \text{ m}^3$ 、密度は 0.91 g/cm^3 である。単位格子中にメタン分子が 7.5 個、水分子が 46 個含まれているとすると、18.2 g の A を分解するとき発生するメタンの物質量はいくらか。計算過程を示して有効数字 2 ケタで求めよ。
- (3) (2)で発生したメタンの体積は、標準状態において、元の A の体積の何倍か。整数で答えよ。ただし、標準状態におけるメタン 1 mol の体積は $2.24 \times 10^4 \text{ cm}^3$ とする。
- (4) (2)で発生したメタンを捕集後に完全燃焼し、273 K、180 g の氷を加熱した。最終的に、水の温度は何 K になるか、計算過程を示して整数で答えよ。但し、氷の融点は 273 K であり、燃焼によって発生した熱は全て氷の融解ならびに水の温度上昇に使われるとする。必要に応じて、下記数値を用いること。気体のメタンの燃焼熱 890 kJ/mol 、氷の融解熱 6 kJ/mol 、1 mol の水を 1 K 上昇させるために必要な熱量は 76 J、また 1 mol の氷を 1 K 上昇させるために必要な熱量は 38 J であり、ともに全温度範囲で一定とする。

【3】 次の文章を読み，グラフを見て，7 ページの設問に答えよ。

肥料や硝酸の原料となるアンモニアは，工業的にはハーバー・ボッシュ法と呼ばれる方法で製造される。その反応の熱化学方程式は次式で表される。



グラフ(図1)は①の反応におけるアンモニアの生成率と温度，あるいは圧力との関係を表している。

①の反応は，温度は(ア)いほど，圧力は(イ)いほど，アンモニアを多く生成する。そこで，ハーバー・ボッシュ法では(ウ)の原理をうまく利用することで効率よくアンモニアを製造している。しかし，温度を(ア)くすると平衡に達するまでの時間が長くなるので，工業的には不適當である。そのため，触媒を用いることで，平衡に達するまでの時間を短縮している。

一方，実験室では，固体の物質を反応物として，



の反応を用いてアンモニアを生成することができる。生じたアンモニアは，ソーダ石灰をつめた乾燥管(図2)を通すことによって乾燥させたのち捕集する。

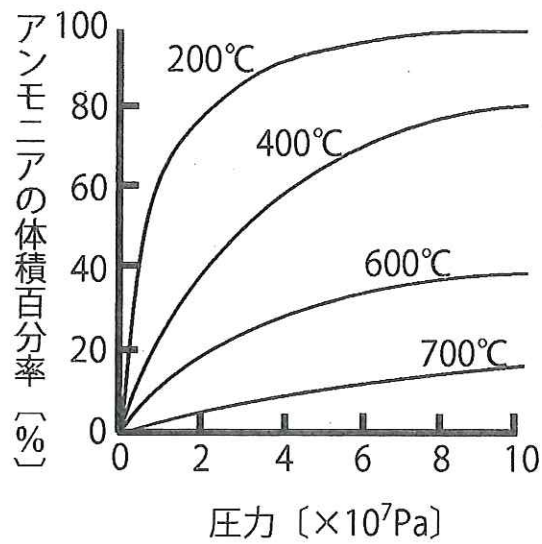
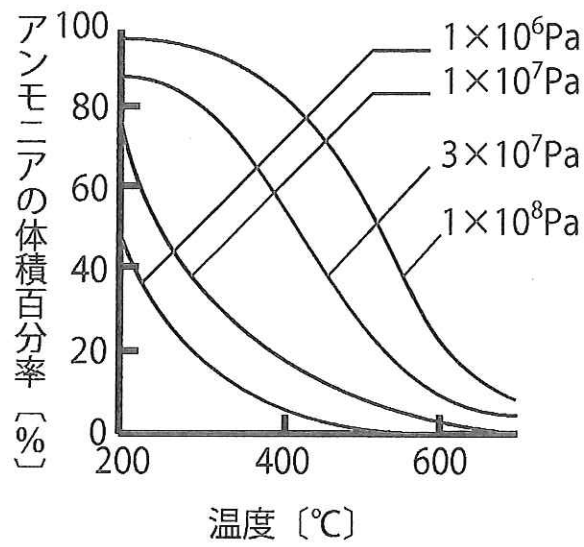


図1. アンモニアの生成率に及ぼす温度と圧力の影響

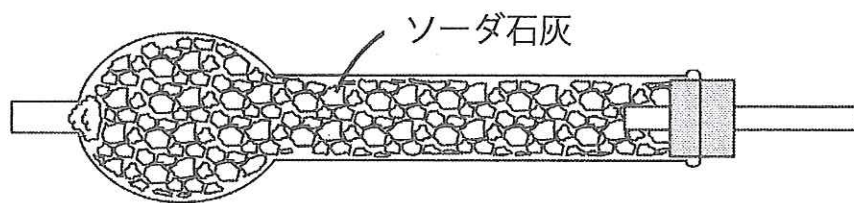


図2. 乾燥管

問 1 ア, イ, ウにはいる語句を書け.

問 2 [(ウ)の原理]とはどのようなものか説明せよ.

問 3 ①の反応では, なぜ温度は(ア)いほど, 圧力は(イ)いほど, アンモニアは多く生成するのか. その理由を述べよ.

問 4 ②の化学反応式を書け.

問 5 ②の反応を用いて実験室でアンモニアを発生, 捕集する実験装置を図示せよ. 使用する器具は下記の中から必要なものを選択せよ. 同じ器具を複数使用してもよい.

乾燥管(図 2), 試験管, ビーカー, 広口ビン, メスシリンダー,
三角フラスコ, 丸底フラスコ, ガラス板, 水槽, ガラス管つきゴム栓,
ゴム管, スタンド, クランプ, 三脚, ガスバーナー

問 6 問 5 について. 反応物を入れるガラス器具の設置方法について, 気をつける点を述べよ. また, そうする理由を述べよ.

問 7 問 5 について. アンモニアが発生していることを, 化学反応を用いて確認するためにはどうすればよいか. 使用する反応の化学反応式を書き, 実験操作と, どのような変化を確認するのかを述べよ.

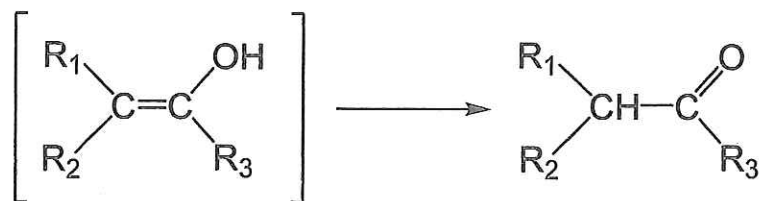
(余 白)

【4】 私たちの身の回りには、プラスチック(樹脂)で作られた製品があふれている。

これらの樹脂には、用途に適した性質を持たせるために、何らかの有機化合物が添加剤として加えられていることが多い。化合物Aも樹脂の添加剤の1つである。化合物Aおよびそれに関連する5つの化合物(B～F)について、1～9の文章と注釈を読み、設問に答えよ。

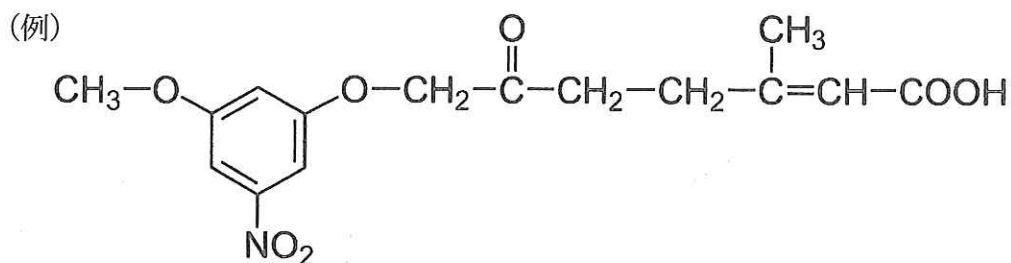
- 1 化合物A～Fはいずれも、炭素、水素、酸素のみから構成される、分子量250以下の有機化合物である。
- 2 化合物Aは分子式 $C_{14}H_{14}O_4$ で表され、分子内に2つのエステル結合を持つ。
- 3 化合物Aを水酸化ナトリウム水溶液中で加熱したのち、酸性にすると、常温で固体の化合物Bと液体の化合物Cに分解する。1モルの化合物Aからは、1モルの化合物Bと2モルの化合物Cが生成する。
- 4 化合物Bはベンゼン環と酸性の官能基を持つ化合物であり、化合物B 8.30 gを中和するためには水酸化ナトリウム 4.00 gを要する。
- 5 化合物C 29 mgを完全燃焼させると、水 27 mgと二酸化炭素 66 mgが生成する。
- 6 化合物Cは1分子中に炭素を3つ持つ化合物で、臭素を含む溶液を脱色するが、銀鏡反応を示さない。
- 7 化合物Cを白金触媒下で水素と反応させると、化合物Dが生成する。
- 8 化合物Dを希硫酸水溶液中で二クロム酸カリウムと反応させると化合物Eが生成する。化合物Eはフェーリング液を還元する。
- 9 化合物Bは加熱すると水分子が脱離し、酸無水物Fを生成する。酸無水物Fは、① 立体網目状構造を持つアルキド樹脂の原料として使用されている。

(注1) 二重結合を持つ炭素に直接ヒドロキシ基が結合した構造の化合物は不安定で、ただちに構造異性体であるカルボニルに変換される。



R₁, R₂, R₃は、炭化水素基または水素原子を表している。

(注2) 構造式は下の例にならって書け。



- 問 1 下線部①に関連して、アルキド樹脂以外に立体網目状構造を持つ樹脂として知られる物質の名前を二つ挙げよ。
- 問 2 化合物Bの分子量を、計算過程を示して有効数字3ケタで求めよ。
- 問 3 化合物Bの構造異性体は合成繊維の原料として使われている。この繊維の名称を答えよ。
- 問 4 化合物Fの名称を書け。
- 問 5 化合物Cの組成式を、計算過程を示して求めよ。
- 問 6 化合物Cの構造式を書け。
- 問 7 化合物Aの構造式を書け。
- 問 8 化合物Dに金属ナトリウムを加えると、気体を生じながら反応する。このときの反応を化学反応式で書け。
- 問 9 化合物Eがフェーリング液を還元するときの化学反応を、イオン反応式で書け。

【5】 次の文章を読み、13 ページの設問に答えよ。医学では血圧やガス分圧の単位として mmHg が多用される。圧力 760 mmHg は 1.013×10^5 Pa に相当する。気体定数は 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol) とする。

血液には多種のタンパク質が含まれているが、その中で一番多く存在するのが色素ヘモグロビンである。分子量は 64500 で、酸素を結合する場所(分子)を 4 つ持つ。それはヘムとよばれ(図 1)、環状の有機化合物(ポルフィリン誘導体)の中心に遷移金属(a)が二価の陽イオンとして存在している。ポルフィリン誘導体の 4 つの窒素原子は、この遷移金属イオンに対し(b)結合している。ヘム 1 個に対して酸素分子(O_2)が 1 個結合する。有害な無臭のガスとして知られる(c)も、ヘムに強く結合し、ヘモグロビンの酸素結合機能を阻害する。ヘモグロビンはアミノ酸以外の成分も含むので、(d)タンパク質に分類される。水溶性タンパク質は電荷を帯びているが、これは、ポリペプチド鎖両末端のアミノ基、カルボキシル基由来の電荷だけでなく、ポリペプチド鎖中に存在する塩基性アミノ酸(例： e)と、酸性アミノ酸(例： f)に由来する。ヘモグロビンは正電荷と負電荷がほぼ同数存在しているので、等電点は 7 近くになる。

血液が肺の血管を通過するときヘモグロビンは酸素を結合し、血液の流れに乗って体組織に運ばれ、酸素を放出する。ヒト血液中のヘモグロビン濃度は約 120~170 g/L である。図 2 はヘモグロビンの酸素飽和度が酸素分圧に応じて S 字曲線のように変化することを示している。体内の酸素分圧は大気の酸素分圧よりも低く、一般的に肺の血管内の酸素分圧は 100 mmHg、体組織に酸素を渡したあとの血液の酸素分圧は 40.0 mmHg になっている。血液に含まれる酸素分子(O_2)の総量はおおよそ、ヘモグロビンに結合している酸素の量と、ヘンリーの法則に従って水に溶解している酸素の量の和として計算できる。例えば、ヘモグロビン濃度 129 g/L の血液 1.00 L が 1 回の流れで肺から体組織に運んで放出する酸素の体積は(g)L であり、これは水の場合と比較して実に(h)倍にも達する計算になる。

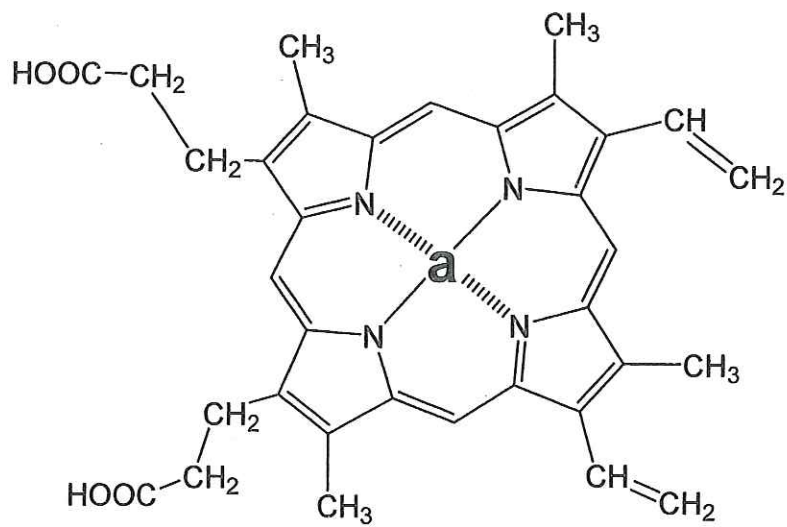


図1. ヘモグロビンに存在するヘムの構造

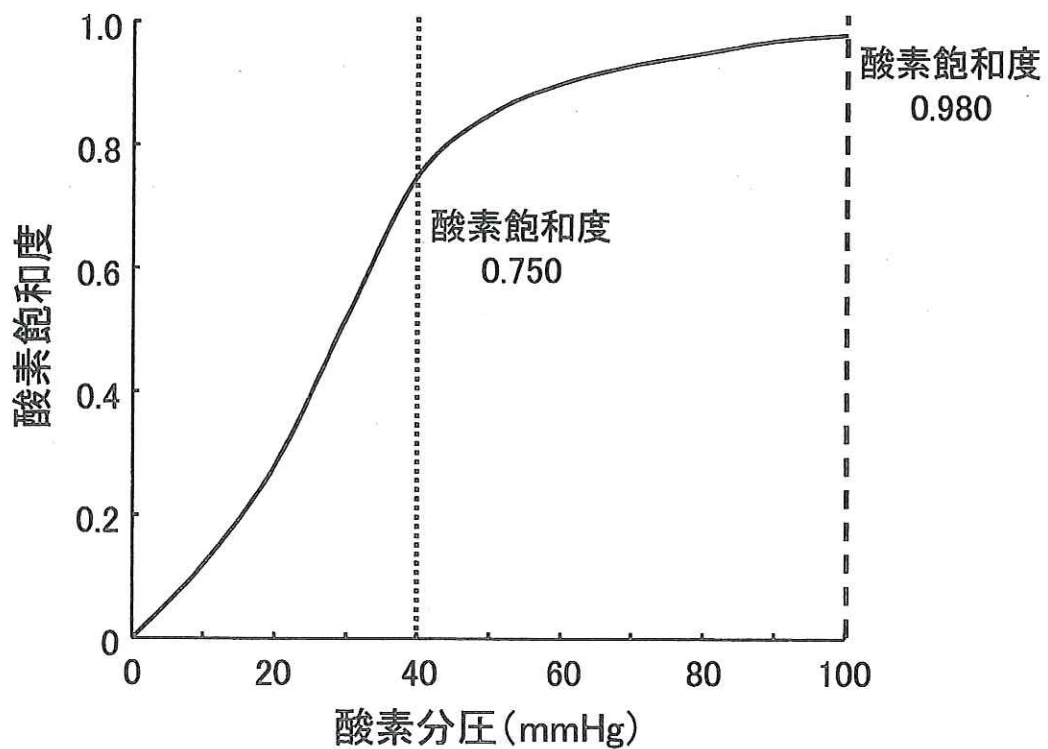


図2. ヘモグロビンの37°Cにおける酸素解離曲線. 酸素分圧 (横軸)に応じてヘモグロビンの酸素飽和度(縦軸)が変化する. S字型の曲線をしている. 酸素飽和度が1のとき, ヘモグロビンのヘム全てに酸素が結合する.

- 問 1 文章の空欄 a, b, c, d, e, f を埋めよ.
- 問 2 下線部①に関連して. 一般的に水溶液中に溶解しているタンパク質の濃度を決定する方法として, ビウレット反応を原理とするビウレット法が簡便で臨床的にも広く用いられている. しかしヘモグロビン水溶液の場合は, ビウレット法は適切ではない. その理由を記せ.
- 問 3 下線部②に関連して. ヘモグロビン濃度が 129 g/L の血液に含まれる, 酸素を結合する部位(ヘム)のモル濃度を求めよ. 計算の過程を示して, 有効数字 3 ケタまで記せ.
- 問 4 下線部③について. 図 2 によれば, 酸素分圧が 100 mmHg, 40.0 mmHg のときのヘモグロビンの酸素飽和度はそれぞれ 0.980, 0.750 である. 問 3 の結果をもとに, ヘモグロビン濃度 129 g/L の血液の, 各酸素分圧におけるヘモグロビンに結合している酸素のモル濃度を求めよ. 計算過程を示して, 有効数字 3 ケタまで記せ.
- 問 5 下線部④に関連して. 水 1.00 L に対する酸素の溶解度は, 酸素の圧力が 760 mmHg のとき, 37.0 °C で 1.07×10^{-3} mol である. 問 4 の結果も用い, ヘモグロビン濃度 129 g/L の血液 1.00 L が肺から体組織に運んで放出する酸素の量(空欄 g)を, 37.0 °C, 760 mmHg におけるガス体積(L)として算出せよ. 計算の過程を示し, 有効数字 3 ケタまで記せ. ただし, 飽和水蒸気圧は考慮しないものとする.
- 問 6 問 4, 問 5 の考えをもとに, 文章の空欄 h にあてはまる数値を記せ. ただし, 小数点以下第 1 位を四捨五入して整数で答えよ.

(余 白)