

平成31年度入学者選抜試験問題  
山形大学大学院有機材料システム研究科博士前期課程  
(平成30年8月実施)

【有機材料システム専攻】

基礎科目

(数学, 有機化学, 物理化学)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の本文は1ページから13ページまで、3科目あります。
3. 「数学」「有機化学」「物理化学」の3科目から**2科目を選択**して解答してください。それぞれの科目には、大問〔1〕〔2〕があります。
4. 解答用紙は6枚あります。それぞれの解答用紙には科目名と問題番号が指定してありますので、その問題以外の解答は記入しないでください。裏面を使用しても構いません。試験終了時、選択していない科目の解答用紙も回収します。
5. 監督者の指示にしたがって、**全ての**解答用紙に受験番号を正しく記入してください。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点されないことがあります。
6. 計算によって答えを求めるときは、その過程も示してください。
7. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁、解答用紙の汚れなどに気が付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
8. 試験終了後、問題冊子と草案用紙は持ち帰ってください。



# 数 学

## 数学〔1〕

1. 以下の問いに答えよ。

- (1) 重積分  $\iint_D \sqrt{1-y^2} dx dy$  を計算しなさい。ただし、 $D$  は  $(0,0)$ ,  $(1,1)$ ,  $(0,1)$  を頂点とする三角形の内部領域である。
- (2) 広義積分  $\int_0^\infty te^{-st} dt$  を計算し、 $s$  の式で答えなさい。ただし、 $s$  は正の実数である。

2. 0 でない実数の定数  $t$  に対し、2 次の正方行列  $A$  を

$$A = \begin{pmatrix} t+t^{-1} & t-t^{-1} \\ t-t^{-1} & t+t^{-1} \end{pmatrix}$$

で定める。

- (1)  $\det A$  を求めよ。
- (2)  $A$  の固有値をすべて求めよ。
- (3)  $A^n$  を計算せよ。ただし、 $n$  は自然数である。

## 数学〔2〕

1. 2変数関数  $f(x, y) = xy e^{-(x^2+y^2)/2}$  について、以下の問いに答えよ。ただし、 $e$  は自然対数の底である。

(1) 偏導関数  $\frac{\partial f}{\partial x}(x, y)$  を求めよ。

(2) 2次偏導関数  $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(x, y)$  を求めよ。

- (3)  $(x, y) = (0, 0)$  のとき、行列式

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(0, 0) & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(0, 0) \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}(0, 0) & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}(0, 0) \end{vmatrix}$$

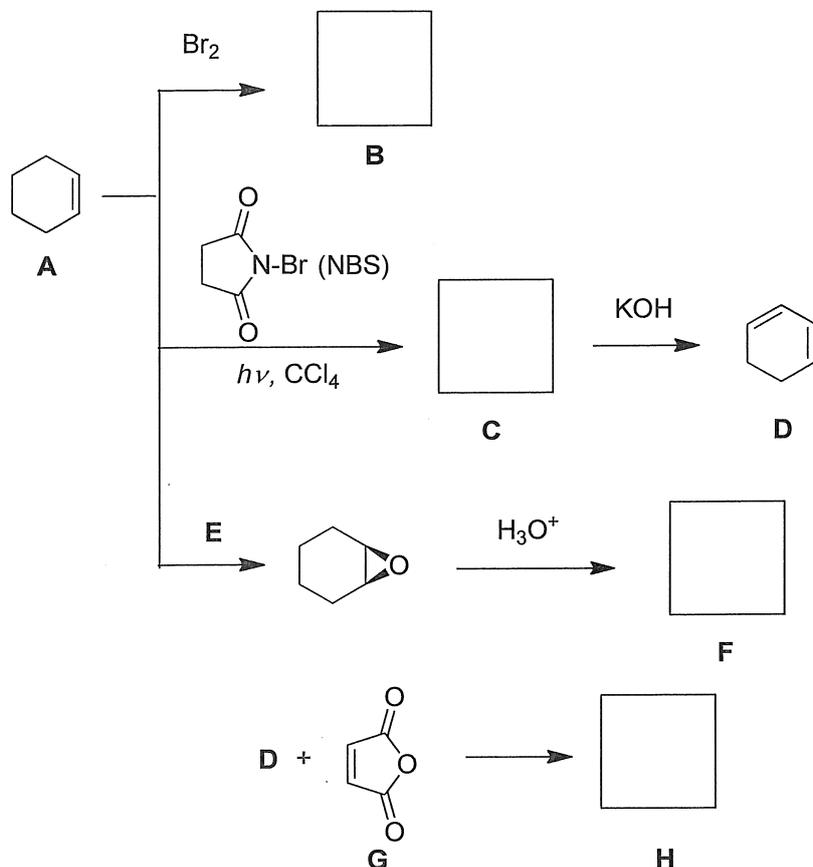
を求めよ。

- (4)  $f(x, y)$  の極大値およびそのときの  $(x, y)$  をすべて求めよ。

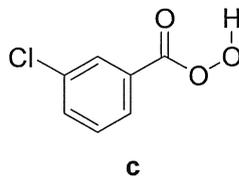
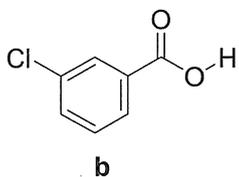
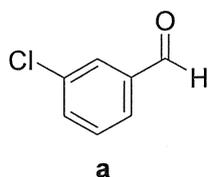
# 有機化学

# 有機化学〔1〕

1. 下記反応における化合物または試薬 A~H について、(1)~(5)の問いに答えなさい。

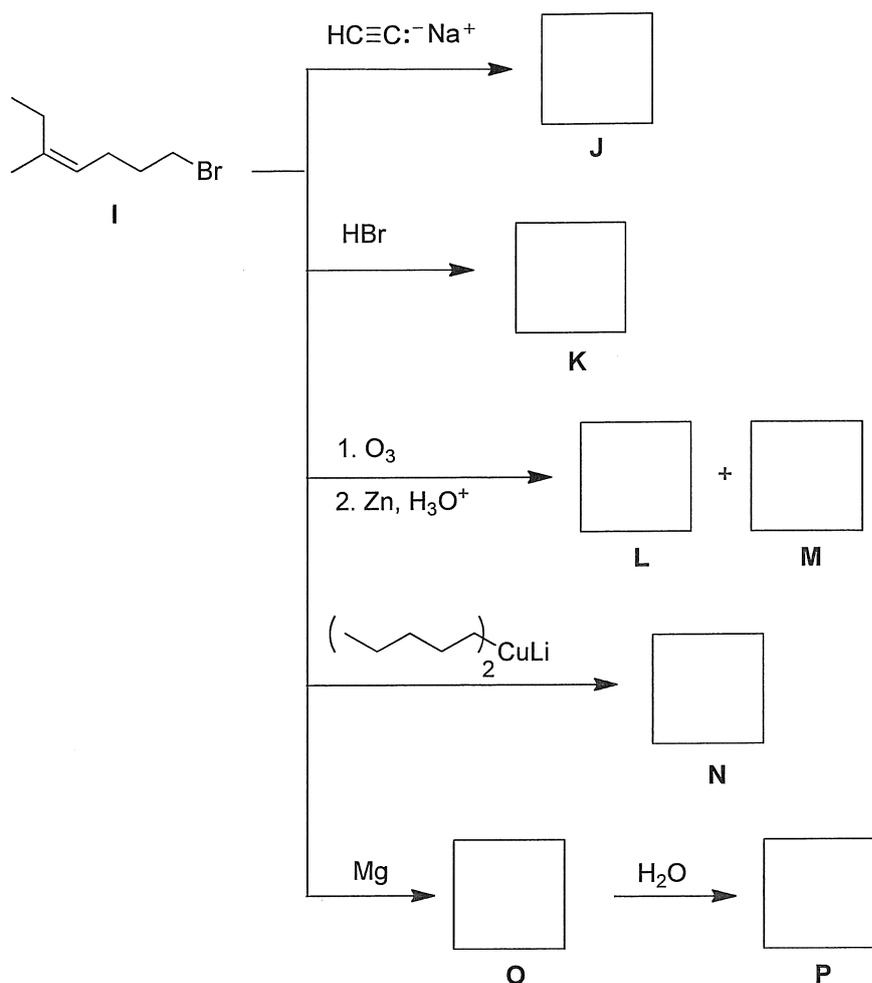


- (1) 化合物 **A**, **D** を IUPAC 名で記しなさい。
- (2) 化合物 **B**, **C**, **F** の構造式を書きなさい。ただし、**B** と **F** は立体構造が分かるように示しなさい。
- (3) 化合物 **B** の立体ひずみの異なるいす形配座を二つ書きなさい。
- (4) 試薬 **E** の構造式として適切なものを下の **a**~**c** から一つ選び答えなさい。



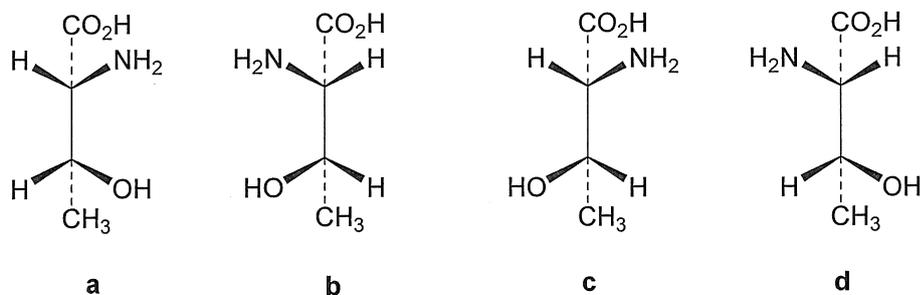
- (5) 化合物 **D** と無水マレイン酸 **G** の Diels-Alder 反応を行う。予測される主生成物 **H** の構造式を立体構造が分かるように書きなさい。

2. 下記反応における化合物 I~P について、(1)~(2)の問いに答えなさい。



- (1) 化合物 I は、*E* 体、*Z* 体のどちらか答えなさい。  
 (2) 化合物 J~P の構造式を書きなさい。ただし、K は主生成物の構造式を書きなさい。また、L と M は順不同とする。

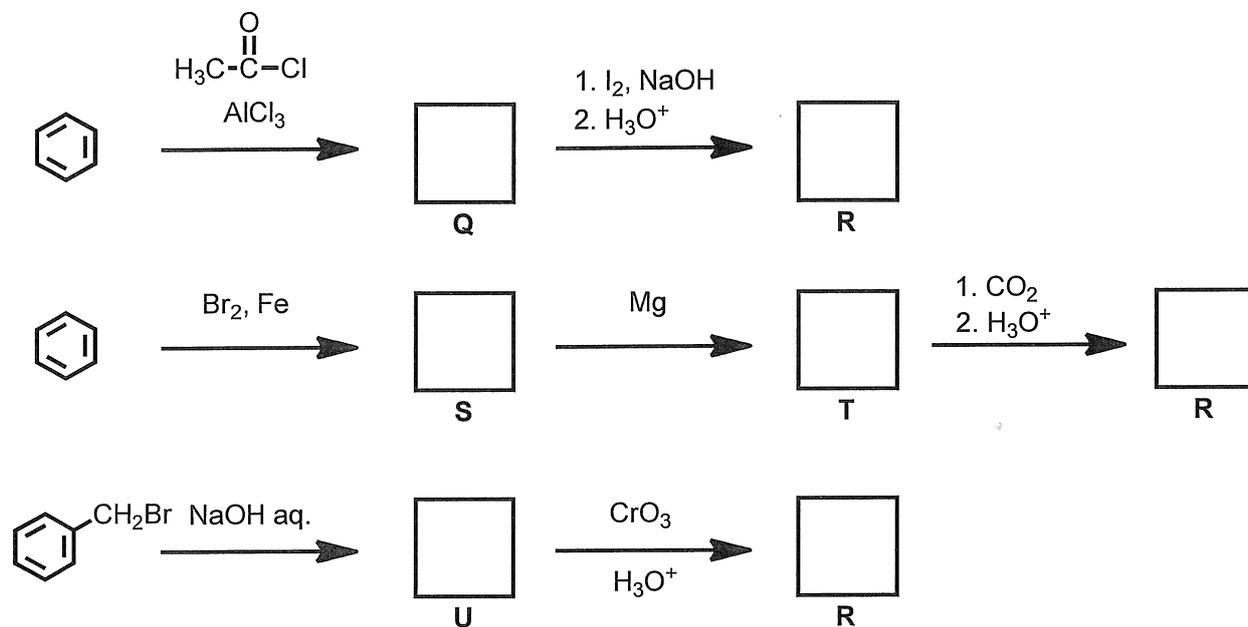
3. 次の分子 a~d の一つは、アミノ酸の L-トレオニン、すなわち、(2*S*,3*R*)-2-アミノ-3-ヒドロキシブタン酸である。(1)~(3)の問いに答えなさい。



- (1) a のジアステレオマーを b~d から全て選び答えなさい。  
 (2) L-トレオニンはどの分子か、a~d から一つ選び答えなさい。  
 (3) D-トレオニンはどの分子か、a~d から一つ選び答えなさい。

## 有機化学〔2〕

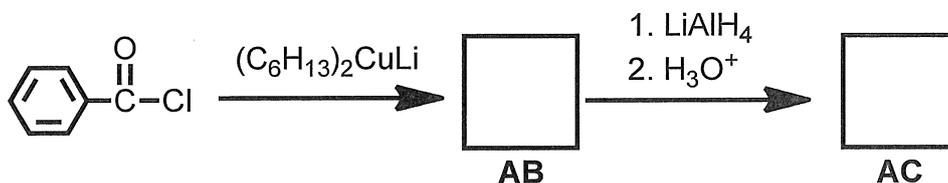
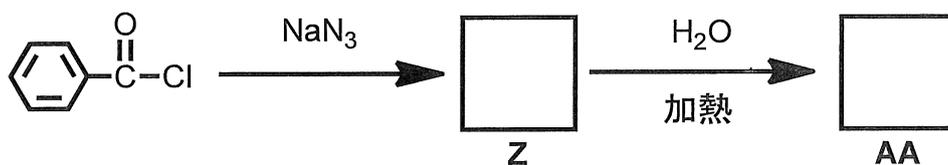
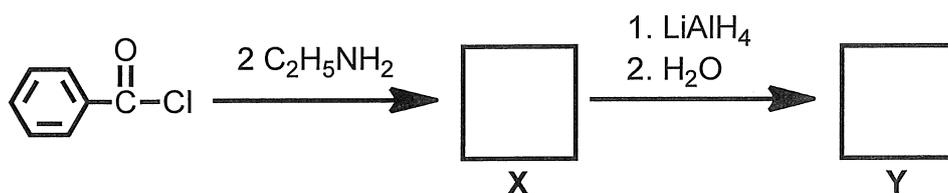
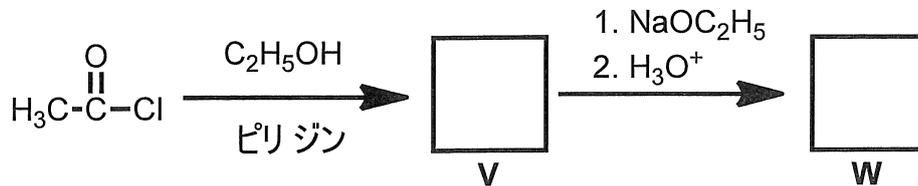
1. 下記反応における化合物 **Q**~**U** について、(1)~(2)の問いに答えなさい。いずれの反応式においても最終生成物は化合物 **R** である。



(1) 化合物 **Q**~**U** の構造式を書きなさい。

(2) 化合物 **T** にベンズアルデヒド( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$ )を加えた後、 $\text{H}_3\text{O}^+$ を加えて生成するアルコールの構造式を書きなさい。

2. 下記反応における化合物 **V**~**AC** について、(1)~(3)の問いに答えなさい。いずれの式も出発物質は酸塩化物であり、塩化アセチルもしくは塩化ベンゾイルである。化合物 **W** の炭素数は 6、化合物 **X** の炭素数は 9、化合物 **AA** の炭素数は 6、化合物 **AC** の炭素数は 13 である。



(1) 化合物 **V**~**AC** の構造式を書きなさい。

(2) 化合物 **X** を効率的に得るには、アミンである  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$  を酸塩化物に対し、2 当量以上加える必要がある。その理由を簡潔に説明せよ。

(3) 化合物 **Z** から **AA** を得る過程において発生する二種類の気体の名称を答えなさい。

# 物 理 化 学

## 物理化学〔1〕

1. オクタン ( $C_8H_{18}$ ) の標準状態 ( $25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $1\text{ bar}$ ) における燃焼に関する以下の(1)～(4)の問いに答えなさい。なお、解答には計算過程も示しなさい。また、原子量は次の値を用いなさい。 H 1.0, C 12.0

- (1) オクタンが燃焼して二酸化炭素と水になる化学反応式は、下記のようになる。 ～  に数字を入れて、化学反応式を完成させなさい。



- (2) この反応のエンタルピー変化を有効数字 2 桁で求めなさい。なお、 $C_8H_{18}(l)$ ,  $O_2(g)$ ,  $CO_2(g)$ ,  $H_2O(l)$  の標準生成エンタルピーは、それぞれ、 $-249.9$ ,  $0$ ,  $-393.5$ ,  $-285.8\text{ kJ mol}^{-1}$  である。
- (3) この反応のエントロピー変化は、 $-586.2\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$  である。ギブズエネルギー変化を有効数字 2 桁で求めなさい。
- (4) オクタン 100 g を燃焼させることで、1000 kg の自動車を理想的には最大高さ何 m まで移動させることができるか、有効数字 2 桁で求めなさい。必要であれば、重力加速度  $g = 9.8\text{ m s}^{-2}$  を用いなさい。

2. 完全気体のモルギブズエネルギー  $G_m$  の圧力依存性に関する以下の問いに答えなさい。気体定数を  $R$  とする。

- (1) 以下の文章の  ～  に適当な式を入れなさい。  
温度一定で圧力が微小量  $dp$  変化した時のモルギブズエネルギー変化  $dG_m$  は、この気体のモル体積を  $V_m$  とすると、

$$dG_m = \text{①} dp \quad (\text{a})$$

で表わされる。

一方、完全気体であるので、圧力  $p$ 、温度  $T$  の時、 $V_m = \text{②}$  である。従って、圧力が  $p_i$  から  $p_f$  に変化した時の  $G_m$  の変化は、式(a)を  $p_i$  から  $p_f$  まで積分して

$$\Delta G_m = \text{③}$$

となる。

- (2) 25 °C の完全気体の体積を 300 cm<sup>3</sup> から 100 cm<sup>3</sup> まで等温圧縮した時のモルギブズエネルギー変化を有効数字 2 桁で求めなさい。なお、必要なら気体定数  $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  を用いなさい。

3. 相律に関する以下の文章の  ~  に当てはまる式、または数字を入れなさい。

系が平衡状態にあるときには、自由度の数  $F$ 、成分の数  $C$ 、相の数  $P$  の間には、次の相律と呼ばれる関係式が成立する。

$$F = \text{$$

純粋な水を考えると、成分の数  $C = 1$  である。水と水蒸気のみが共存している場合は、相の数  $P = \text{$  であり、自由度の数  $F = \text{$  となる。3 相が共存している場合 ( $P = 3$ ) は、自由度の数  $F = \text{$  となり、温度、圧力とも物質固有の値となる。この状態を  と呼ぶ。

4. 次の反応が、温度が一定に保たれた密閉容器の中で平衡状態にある。以下の(1), (2)の問いに答えなさい。



- (1) 密閉容器の体積を減少させた時、平衡は、右に移動する、左に移動する、あるいは移動しない、のいずれであるか答えなさい。
- (2) 密閉容器の体積を一定にしたまま、不活性気体を加えて系の圧力を増加させた時、平衡は、右に移動する、左に移動する、あるいは移動しない、のいずれであるか答えなさい。

## 物理化学〔2〕

1. 以下の文章について、 ~  に当てはまる語句を下記の選択肢から選び、答えなさい。また、 ~  に当てはまる数値を答えなさい。

水素型原子のオービタルは主量子数  $n$ ，オービタル角運動量子数  $l$ ， 量子数  $m_l$  の3つの量子数で指定される。 $n = 2, l = 1$  のとき， $m_l$  は  $-1, 0, +1$  のいずれかの値をとる。一方， $n = 2, l = 1$  の原子オービタルは  $m_l$  を用いずに  $2p_x, 2p_y, 2p_z$  の3つでも表すことができ，それぞれ  $yz$  面， $zx$  面， $xy$  面内に を持つ。 $2p_x$  の原子オービタルは， $m_l = -1$  と  $m_l = +1$  の2つの原子オービタルの で表すことができる。

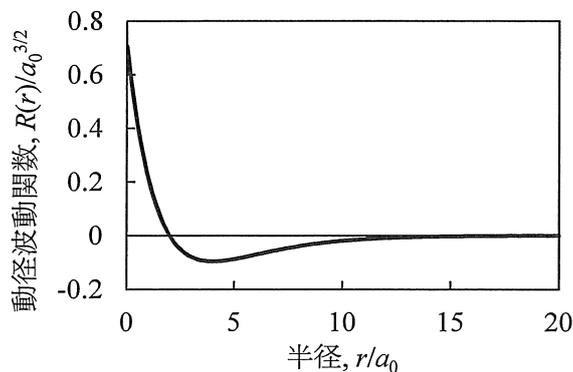
電子スピンはスピン磁気量子数  $m_s$  を持ち， $m_s$  は または のいずれかの値をとる。そのため，一つの原子オービタルに電子は 個まで入ることができる。

~  の選択肢

{角，軌道，磁気，軸，商，スピン，積，側面，底面，腹面，節面，和}

2. 原子構造について，以下の問いに答えなさい。

- (1) 下図は水素原子の  $1s, 2s, 3s$  オービタルいずれかの動径波動関数  $R(r)$  を表したものである。 $1s, 2s, 3s$  のいずれであるか，理由も付して答えなさい。ただし， $a_0$  はボーア半径である。



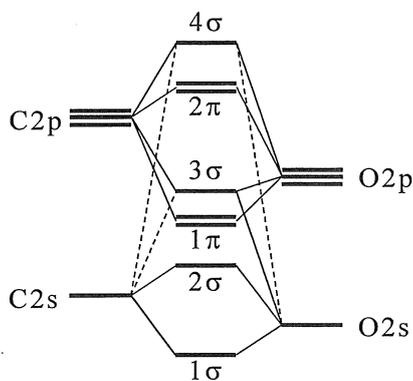
- (2) 水素原子について、主量子数が  $n$  の原子オービタルのエネルギー  $E_n$  は

$$E_n = -\frac{hcR_N}{n^2}$$

で表される。ここで  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  はプランク定数、 $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  は光速、 $R_N = 1.10 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  はリュドベリ定数である。 $n = 2$  の原子オービタルから  $n = 1$  の原子オービタルに遷移する際に放出される光の波長を有効数字 2 桁で答えなさい。また、この光は赤外光、可視光、あるいは紫外光のいずれであるか答えなさい。

3. 二原子分子について、以下の問いに答えなさい。

- (1)  $\text{O}_2$  の基底状態の電子配置は  $1\sigma_g^2 1\sigma_u^2 2\sigma_g^2 1\pi_u^4 1\pi_g^2$  で表される。 $1\sigma_g$ ,  $1\sigma_u$ ,  $2\sigma_g$ ,  $1\pi_u$ ,  $1\pi_g$  のうち、反結合性オービタルを全て答えなさい。
- (2) 下図は  $\text{CO}$  の分子オービタルのエネルギー準位図を示したものである。(1)の  $\text{O}_2$  の基底状態の電子配置を参考にして、 $\text{CO}$  の基底状態の電子配置を書きなさい。



- (3)  $\text{HF}$  の結合性分子オービタルは、水素原子の  $1s$  オービタル  $\psi_H$  と  $\text{F}$  原子の  $2p_z$  オービタル  $\psi_F$  を用いて  $0.28\psi_H + 0.96\psi_F$  と表される。この電子が  $\text{H}1s$  オービタルに見出される確率を有効数字 1 桁で答えなさい。