

平成27年度  
東京大学大学院総合文化研究科  
広域科学専攻修士課程入学試験問題  
  
生命環境科学系 総合科目

( 平成26年 8 月26日 13:00～16:00 )

試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。開始の合図があるまで、下記の注意事項をよく読んでください。

1. 本冊子は、生命環境科学系を志望する受験者のためのものである。
2. 本冊子の本文は33ページである。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があった場合には、手を挙げて申し出ること。
3. 第1問～第27問から3問を選択して解答すること。
4. 配付された3枚の解答用紙（両面使用可）は、問題ごとに1枚を使用すること。
5. 解答用紙の上の欄に、解答した問題の番号、科目名、氏名及び受験番号を、次の記入例のように記入すること。なお、氏名、受験番号を記入していない答案は無効である。

記入例

問題番号	科目名	氏名	受験番号
第13問	生物学(5)	○ ○ ○ ○	No.○○○○

6. 日本語または英語で解答すること。
7. 本冊子の最後の3枚は草稿用紙である。切り離して使用してもよい。
8. 試験の開始後は、中途退場を認めない。
9. 本冊子、解答用紙及び草稿用紙は持ち帰ってはならない。
10. 次の欄に受験番号と氏名を記入せよ。

受験番号	
氏名	

## 生命環境科学系 総合科目

### 目次

第1問	物理学 (1)	1~2
第2問	物理学 (2)	3~4
第3問	物理学 (3)	5~6
第4問	物理学 (4)	7~8
第5問	化学・生化学 (1)	9
第6問	化学・生化学 (2)	10
第7問	化学・生化学 (3)	11
第8問	化学・生化学 (4)	12
第9問	生物学 (1)	13
第10問	生物学 (2)	14~15
第11問	生物学 (3)	16
第12問	生物学 (4)	17
第13問	生物学 (5)	18~19
第14問	身体運動科学 (1)	20
第15問	身体運動科学 (2)	21
第16問	身体運動科学 (3)	22
第17問	身体運動科学 (4)	23
第18問	身体運動科学 (5)	24
第19問	身体運動科学 (6)	25
第20問	認知行動科学 (1)	26
第21問	認知行動科学 (2)	27
第22問	認知行動科学 (3)	28
第23問	認知行動科学 (4)	29
第24問	認知行動科学 (5)	30
第25問	認知脳科学 (1)	31
第26問	認知脳科学 (2)	32
第27問	認知脳科学 (3)	33

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 1 問 物理学 (1) その 1

図 1 のように、きれいに磨かれた固体の表面が、圧力の低い理想気体と接している。固体の表面には、気体分子 1 個を吸着できる吸着点  $N$  個、周期的に並んでいる。吸着点に 1 個の分子が吸着しているときのエネルギーを  $-\varepsilon$  とする。異なった吸着点の間に相互作用はなく、互いに独立とする。気体分子はすべて同種である。固体表面と気体は同じ一定の温度  $T$  に保たれており、気体の圧力  $P$  も一定とする。固体表面を注目する系とみなすと、まわりの気体は、エネルギーと粒子を供給するリザーバー（熱浴・粒子浴）とみなせる。このリザーバー（気体）の化学ポテンシャルを  $\mu$  とする。また、 $\beta = 1/kT$  ( $k$  はボルツマン定数) とする。

I. この系を表すグランドカノニカル分布の大分配関数  $Z_G$  を求めてみよう。

- (1) まず、 $n$  個の気体分子が固体表面に吸着している場合を考える。ただし、 $n < N$  とする。このときの系全体のエネルギー  $E_n$  を求めよ。
- (2)  $N$  個の吸着点に  $n$  個の気体分子を配置する仕方の数  $W_n$  を求めよ。
- (3)  $N$  個の吸着点に  $n$  個の気体分子が吸着している場合の分配関数  $Z_n$  を  $\varepsilon$ ,  $\beta$ ,  $N$ ,  $n$  を用いて表せ。
- (4) 次に、気体をリザーバー（熱浴・粒子浴）とみなした系を考える。このときには、吸着している気体分子の数  $n$  は  $0 \sim N$  までの値をとりうる。この系を表すグランドカノニカル分布の大分配関数  $Z_G$  を  $\varepsilon$ ,  $\mu$ ,  $\beta$ ,  $N$  を用いて表せ。

II. 大分配関数  $Z_G$  を別の方法で求めてみよう。

- (5) 簡単のために、吸着点が 1 個のみの場合を考える。このとき、この系を表すグランドカノニカル分布の大分配関数  $Z_{G1}$  を  $\varepsilon$ ,  $\mu$ ,  $\beta$  を用いて表せ。
- (6) 吸着点が  $N$  個ある場合の大分配関数  $Z_G$  を  $\varepsilon$ ,  $\mu$ ,  $\beta$ ,  $N$  を用いて表せ。

(次のページに続く)

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 1 問 物理学 (1) その 2

III. 次に、吸着点が気体分子でふさがれている割合、すなわち被覆率  $\theta$  を求めてみよう  
(Langmuir の等温吸着式).

(7)  $n$  個の気体分子が吸着している確率  $P_r(n)$  を、 $Z_G$  を用いて表せ.

(8) 吸着している分子数の平均  $\bar{n}$  を、 $Z_G$  を用いて表せ.

(9) 被覆率を  $\theta = \bar{n}/N$  と定義する. このとき、 $\theta$  を  $\varepsilon$ 、 $\mu$ 、 $\beta$ 、 $N$  を用いて表せ. ただし、  
必要ならば、 $\frac{\partial}{\partial x} \log X = \frac{1}{X} \frac{\partial X}{\partial x}$  を用いよ.

(10) 理想気体の場合、気体の圧力  $P$  と化学ポテンシャル  $\mu$  の間には、次の関係が成り立

つ:  $\exp(\beta\mu) = P\beta \left( \frac{h^2\beta}{2\pi m} \right)^{3/2}$ . ここで、 $h$  はプランク定数、 $m$  は気体分子の質量である.

これを用いて、 $\theta$  を  $\varepsilon$ 、 $\beta$ 、 $h$ 、 $m$ 、 $P$  で表せ.

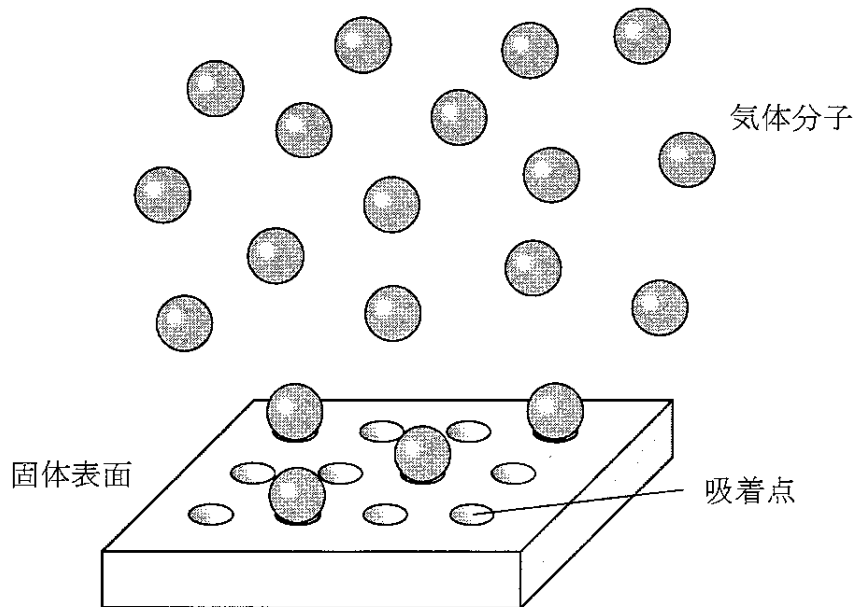


図 1

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 2 問 物理学 (2) (その 1)

以下の I から III の問題に答えよ。なお、真空中の誘電率を  $\epsilon_0$  とする。

I. 真空中に置かれた環状電荷がつくる電場について、以下の設問に答えよ。

- (1) 原点を中心とする半径  $a$ 、線電荷密度  $\lambda (> 0)$  の環状電荷が  $xy$  平面上にある。この環状電荷が  $z$  軸上、原点から  $z (< \neq 0)$  だけ離れた位置につくる電場  $\mathbf{E}(z)$  の方向を答えよ。
- (2) 電場  $\mathbf{E}(z)$  の  $z$  成分  $E_z(z)$  を求めよ。

II. 閉曲面  $S$  で囲まれた領域  $V$  の空間を占める誘電体が外部電場により分極  $\mathbf{P}$  を生じている。外部電場により誘電体内部に生じた電気双極子モーメントがつくる電場  $\mathbf{E}_v$  と、外部電場により誘電体表面に生じた分極電荷がつくる電場  $\mathbf{E}_s$  との関係について考える。以下の設問に答えよ。

- (3) 位置  $\mathbf{r}$  における電場  $\mathbf{E}(\mathbf{r})$  と静電ポテンシャル  $\phi(\mathbf{r})$  との関係を示せ。
- (4) 誘電体内部  $V$  の位置  $\mathbf{r}$  にある微小体積要素  $dV$  に含まれる電気双極子モーメントは  $\mathbf{P}(\mathbf{r})dV$  である。  $\nabla \cdot \mathbf{P}(\mathbf{r}) = 0$  ( $\text{div } \mathbf{P}(\mathbf{r}) = 0$ ) であることを示せ。
- (5) 誘電体内部  $V$  の電気双極子モーメントが位置  $\mathbf{r}$  につくる電場  $\mathbf{E}_v(\mathbf{r})$  の静電ポテンシャル  $\phi_v(\mathbf{r})$  は

$$\phi_v(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \nabla' \cdot [\mathbf{a}] dV'$$

となる。  $[\mathbf{a}]$  を示せ。なお、誘電体内部  $V$  の位置  $\mathbf{r}'$  にある微小体積要素  $dV'$  に含まれる電気双極子モーメントは  $\mathbf{P}(\mathbf{r}')dV'$  である。また、真空中において位置  $\mathbf{r}'$  にある電気双極子モーメント  $\mathbf{p}$  が位置  $\mathbf{r}$  につくる電場の静電ポテンシャルは

$$\phi_p(\mathbf{r}) = \frac{\mathbf{p} \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3}$$

で与えられる。必要なら、  $\nabla' \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} = \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3}$  であること、および任意のスカラー  $\phi$  とベクトル  $\mathbf{A}$  に対して成立する  $\nabla \cdot (\phi \mathbf{A}) = \nabla \phi \cdot \mathbf{A} + \phi (\nabla \cdot \mathbf{A})$  の関係式を用いよ。ただし、  $\nabla'$  は  $\mathbf{r}'$  に対するナブラ演算子である。

(次のページに続く)

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
 生命環境科学系 総合科目

第 2 問 物理学 (2) (その 2)

(6) 誘電体の表面  $S$  上の位置  $\mathbf{r}'$  にある微小面積要素  $dS'$  に含まれる分極電荷は、その面電荷密度を  $\sigma(\mathbf{r}')$  とすると、 $\sigma(\mathbf{r}')dS' = \mathbf{P}(\mathbf{r}') \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r}')dS'$  となる。ここで、 $\mathbf{n}(\mathbf{r}')$  は  $dS'$  に対する単位法線ベクトルである。誘電体表面  $S$  の分極電荷が位置  $\mathbf{r}$  につくる電場  $\mathbf{E}_S(\mathbf{r})$  の静電ポテンシャル  $\phi_S(\mathbf{r})$  を求めよ。

(7)  $\mathbf{E}_v(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_S(\mathbf{r})$  となることを示せ。

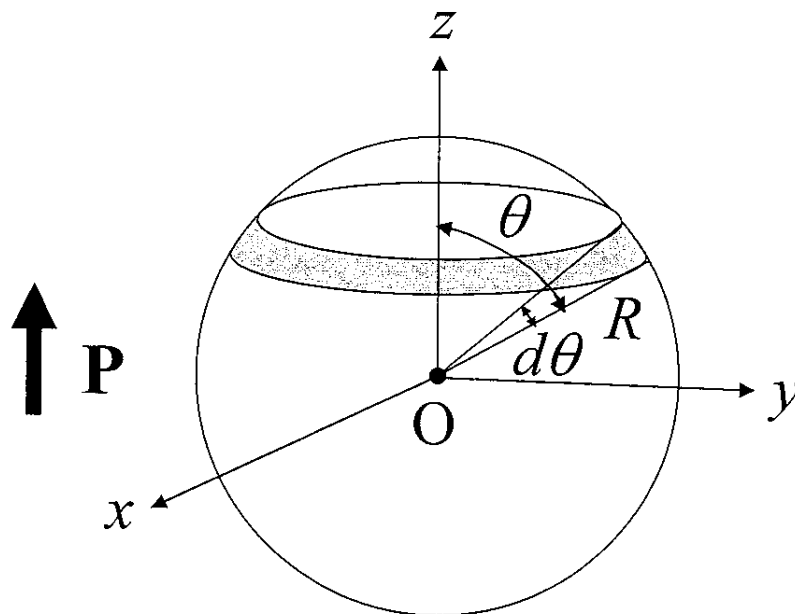
III. 一様に分極した誘電体の内部に半径  $R$  の球状の空洞がある。図のように、一様な分極  $\mathbf{P}$  は  $z$  軸の正の方向を向いている。また、空洞の中心は座標軸の原点  $O$  にある。以下の設問に答えよ。

(8) 空洞内表面の  $z > 0$  の部分に現れる分極電荷の符号を答えよ。

(9) 図に示した円環部分にある分極電荷が空洞の中心  $O$  につくる電場  $d\mathbf{E}(\theta)$  の方向を答えよ。

(10)  $d\mathbf{E}(\theta)$  の  $z$  成分  $dE_z(\theta)$  を、 $\sin\theta$  を用いて表わせ。

(11) 空洞内表面の分極電荷が空洞の中心  $O$  につくる電場  $\mathbf{E}$  の  $x$ ,  $y$ ,  $z$  成分である  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $E_z$  を求めよ。必要なら、 $\int_0^\pi \sin^3 x dx = \frac{4}{3}$  であることを用いよ。



平成 27 年度修士課程入学試験問題  
 生命環境科学系 総合科目

第 3 問 物理学 (3) (その 1)

以下の問 I, II の両方に解答せよ。結果だけでなく導出過程も簡単に記すこと。  
 歳差運動について、I では古典的、II では量子力学的な考察をする。

I. 電荷  $q$  ( $q > 0$ ) を帯びた質量  $m$ 、半径  $a$  のリングが、図 1 (a) のようにリングの中心軸のまわりに角速度  $\omega$  で回転している。電荷および質量の分布は一様で、電荷はリングとともに回転し、 $a\omega$  は光の速さよりも十分に小さいとする。リングの太さを無視して以下の問いに答えよ。

- (1) このリングが持つ角運動量を  $\vec{L}$  とする。  $\vec{L}$  の大きさを求めよ。
- (2) 一般に、円電流が持つ磁気モーメントは  $\vec{\mu} = IA\vec{n}$  で与えられる。ここで、 $I$  は電流の大きさ、 $A$  は電流が囲む面の面積、 $\vec{n}$  は図 1(b) に示す向きで定義される単位法線ベクトルである。図 1 (a) のリングが持つ磁気モーメント  $\vec{\mu}$  の大きさを求めよ。
- (3) 磁気モーメントと角運動量の間には比例関係  $\vec{\mu} = \kappa\vec{L}$  がある。  $\kappa$  を求めよ。
- (4) 図 1 (a) のリングを回転軸と平行でない一様な磁束密度  $\vec{B}$  のもとに置くと、リングの回転軸は歳差運動を始めた。磁束密度の大きさを  $B$  として、歳差運動の角速度  $\Omega$  を求めよ。ただし、重力の影響や電磁波の放出は無視でき、 $\Omega$  は  $\omega$  に比べて十分小さいとする。円電流が一様な磁束密度  $\vec{B}$  から受けるトルクは  $\vec{\mu} \times \vec{B}$  で与えられることを用いてよい。

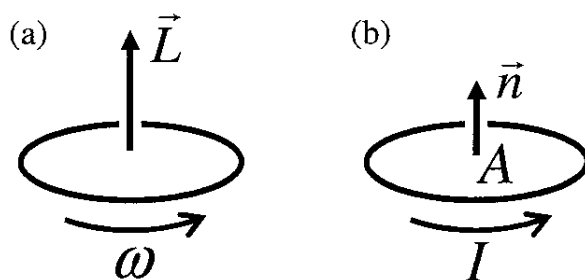


図 1

平成27年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第3問 物理学(3) (その2)

II. 次に一様な磁束密度  $\vec{B}$  のもとに置かれたスピン 1/2 を持つ粒子のスピン状態を考える。粒子のスピン演算子を  $\vec{S}$  とするとき、粒子の磁気モーメント  $\vec{\mu}$  は  $\gamma$  を正の定数として  $\vec{\mu} = \gamma \vec{S}$  と表され、ハミルトニアン  $H$  は

$$H = -\gamma \vec{S} \cdot \vec{B}$$

で表されるとする。プランク定数を  $2\pi$  で割ったものを  $\hbar$  として、スピン演算子の  $z$  成分  $S_z$  の固有状態  $|+\rangle, |-\rangle$  を

$$S_z |+\rangle = \frac{\hbar}{2} |+\rangle, \quad S_z |-\rangle = -\frac{\hbar}{2} |-\rangle, \quad \langle +|+\rangle = 1, \quad \langle -|-\rangle = 1$$

とし、スピン演算子  $\vec{S}$  の各成分を

$$S_x = \frac{\hbar}{2} (|+\rangle\langle -| + |-\rangle\langle +|), \quad S_y = \frac{\hbar}{2} (-i|+\rangle\langle -| + i|-\rangle\langle +|), \quad S_z = \frac{\hbar}{2} (|+\rangle\langle +| - |-\rangle\langle -|)$$

と表す。以下、 $\phi$  および  $\theta$  は実数の定数とし、 $B$  は正の定数とする。

- (5) 粒子のスピン状態が  $\cos \phi |+\rangle + \sin \phi |-\rangle$  のとき、スピンの  $z$  成分を測定して  $\hbar/2$  が得られる確率を求めよ。
- (6) 粒子のスピン状態が問(5)と同じとき、 $S_x$  および  $S_z$  の期待値を求めよ。

以下、ハミルトニアン  $H$  の2つの固有値を  $E_1, E_2$  ( $E_2 > E_1$ ) とし、それぞれの固有値に対応する規格化された固有状態を  $|E_1\rangle, |E_2\rangle$  と表す。

- (7) 磁束密度が  $\vec{B} = (B \sin \theta, 0, B \cos \theta)$  と表されるとき、 $E_1, E_2$  を求め、 $|E_1\rangle, |E_2\rangle$  を  $|+\rangle$  と  $|-\rangle$  を用いて表せ。
- (8) 磁束密度が  $\vec{B} = (B, 0, 0)$  のときの  $|E_1\rangle$  と  $|E_2\rangle$  の線形結合を用いて、 $|+\rangle$  を表せ。
- (9) 磁束密度が  $\vec{B} = (B, 0, 0)$  と表され、時刻  $t = 0$  での粒子のスピン状態が  $|+\rangle$  であるとき、時刻  $t$  での粒子のスピン状態  $|\psi(t)\rangle$  を  $|+\rangle$  と  $|-\rangle$  を用いて表せ。
- (10) 時刻  $t$  での粒子のスピン状態が問(9)の  $|\psi(t)\rangle$  で与えられるとき、 $S_z$  の期待値を  $t$  の関数として求めよ。また、その周期を  $T$  とするとき、 $\tilde{\Omega} = 2\pi/T$  を求めよ。



平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 4 問 物理学 (4) (その 1)

以下の問 I, II の両方に答えよ.

I. 質量がなく長さ  $l$  の伸びない糸に吊るされた質量  $m$  の質点の, 一様な重力場(重力加速度  $g$ ) 中の運動を考える. いま図 1 のように, 糸の固定された片端を原点とし, 重力が働く方向を極軸( $\theta=0$ )とした 3 次元の極座標表示(正規直交基底ベクトル  $e_r, e_\theta, e_\phi$ )をとる. 極軸は  $z$  軸とも呼ぶことにする. このとき糸はたるまないものとして, 以下の設問に答えよ. なお解答では, 時間微分は  $\dot{\phi}, \dot{\theta}$  などのように表記すること.

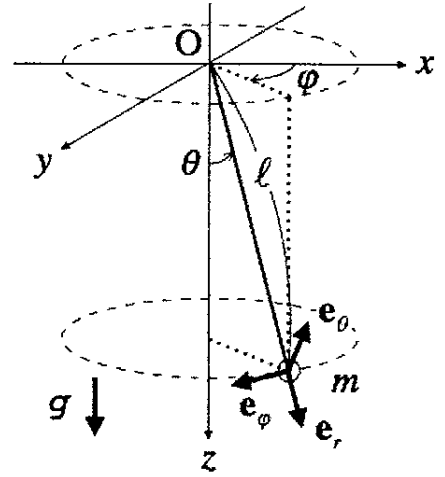


図 1

- (1) 極座標系で質点の位置座標ベクトルは  $\mathbf{r} = r\mathbf{e}_r$  と表現できる(ここで  $r = |\mathbf{r}|$ ). 「質点が伸びない糸で吊るされている」ことに対応する条件を式で表せ.
- (2) 速度ベクトル  $\mathbf{v} = \dot{\mathbf{r}}$  の  $\mathbf{e}_\theta$  方向成分と  $\mathbf{e}_\phi$  方向成分を  $l, \theta, \phi$  およびその時間微分で表せ.
- (3) この糸のラグランジアンを  $m, g, l, \theta, \phi$  およびその時間微分で表せ.
- (4)  $\phi$  についてのラグランジュの運動方程式を示し, 原点 O の周りの角運動量  $\mathbf{L} = m\mathbf{r} \times \dot{\mathbf{r}}$  の  $z$  軸方向成分  $L_z$  が保存されることを示せ.
- (5)  $\theta = \theta_0 > 0$  (一定) となる周期運動の周期を求めよ.

次に, 問(5)で求めた周期運動をしている糸に小さな撃力を加えて  $\theta = \theta_0 + \delta_0$  ( $|\delta_0| \ll \theta_0$ ) とした. この過程で角運動量の  $z$  軸方向成分  $L_z = L_0$  は保存されるものとし, 糸はたるむことはないとする.

- (6) 撃力を加えた後の運動を図 1 の  $z$  軸正方向から見たとき, 質点が  $z$  軸のまわりを 1 周するまでの軌跡の概形を描け. 図 2 を解答用紙に写し, 運動の軌跡を実線で描くこと.
- (7)  $\theta$  についてのラグランジュの運動方程式をもとにして, 撃力を加えた後の  $\delta = \theta - \theta_0$  が従う方程式を導き, 質点の運動を説明せよ. なお  $|\delta| \ll \theta_0$  として, 以下の近似式を使ってよい.

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \sin(\theta_0 + \delta) \approx \sin \theta_0 + \delta \cos \theta_0 \\ \cos \theta &= \cos(\theta_0 + \delta) \approx \cos \theta_0 - \delta \sin \theta_0 \end{aligned}$$

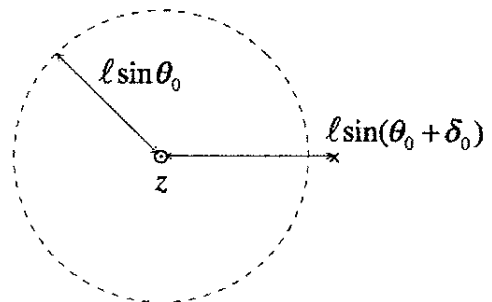


図 2

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 4 問 物理学 (4) (その 2)

II. 図 3 のように, 真空中の  $xy$  平面( $z=0$ )上の点  $(2a, 0, 0)$  に  $+2Q$  の正電荷, 点  $(-a, 0, 0)$  に  $-Q$  の負電荷を配置した( $a>0$ ). 電気定数(真空の誘電率)を  $\epsilon_0$  とする.

- (8) 点 P における静電ポテンシャル(電位)  $\phi(x, y, 0)$  を求めよ. なお, 無限遠点で  $\phi=0$  とする.
- (9) 無限遠点以外で電位がゼロ, すなわち  $\phi(x, y, 0)=0$  となる点の集合はどのような図形となるか. 座標, 長さなどを含めて記述せよ.
- (10)  $xy$  平面上の  $x<0$  の領域には, 無限遠点以外に電場  $\mathbf{E}(x, y, 0)=\mathbf{0}$  となる点 W がある. 点 W の座標を求めよ.
- (11)  $xy$  平面上の  $-10a \leq x \leq 10a$ ,  $-10a \leq y \leq 10a$  の範囲における電気力線の概形を描け. また, 問(9)で求めた  $\phi(x, y, 0)=0$  となる図形, および問(10)で求めた点 W も一緒に描け.

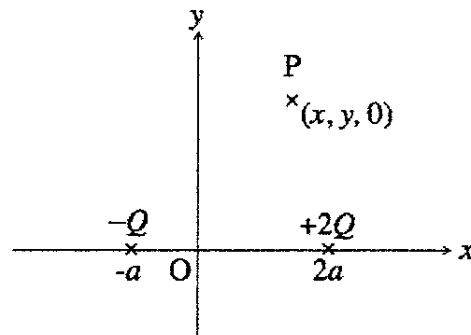
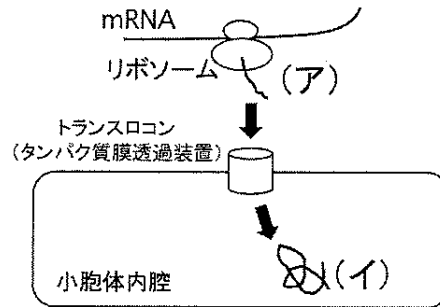


図 3

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 5 問 化学・生化学 (1)

I. 真核細胞において、細胞外に分泌される一部のタンパク質は、リボソームで翻訳が完了し (ア)、そこから小胞体のトランスロコンを経て下図の (イ) の状態となった後、小胞輸送によって細胞内を移動していく。このようなタンパク質について以下の問いに答えよ。



- (1) タンパク質 A について、リボソームで翻訳が完了した直後の (ア) の状態と、膜透過後の (イ) の状態をウエスタンブロット法で解析した結果、(イ) の状態の方の移動度が大きかった。それは大きさに換算して 1~2 kDa 程度分であった。移動度が変化した理由について最も適切と考えられる理由を 1 つ述べよ。
  - (2) (1) で答えた理由が正しいことを確かめるためには、どのような実験を行えばよいか。具体的な方法を 3 行程度で記述せよ。
  - (3) 一方、タンパク質 B について、リボソームで翻訳が完了した直後の (ア) の状態と、膜透過後の (イ) の状態をウエスタンブロット法で解析した結果、(イ) の状態の方の移動度が小さかった。それは大きさに換算して数 kDa 程度分であった。移動度が変化した理由について考えられる理由を 1 つ述べよ。
  - (4) (3) で答えた理由が正しいことを確かめるためには、どのような実験を行えばよいか。具体的な方法を 3 行程度で記述せよ。
  - (5) (イ) の状態から、タンパク質が細胞外に分泌されるまでの過程を、経由するオルガネラや関与する分子の名称を挙げながら 10 行程度で説明せよ。
- II. 以下の (1)~(4) の生体膜に関する文章の (a)~(j) の下線部について、誤りがあれば正しい記述に訂正せよ。ただし、下線部が正しい場合は「正しい」と解答せよ。

- (1) 細胞膜を構成する脂質二重層の内層と外層の脂質分布が非対称なのは、(a) リパーゼ などの酵素による脂質分子の (b) ラッフリグ という動きのためであると考えられている。一般的に、内層には (c) フォスファチジルコリン などの酸性リン脂質が多く、外層にはグリセロール由来でない脂質である (d) カルジオリピン が多く分布している。
- (2) 一般的に細胞がもつ脂質二重層の厚さは (e) 30 ナノメートル程度であり、そこに局在する膜タンパク質の膜貫通領域は、多くの場合  $\alpha$  ヘリックス構造か、あるいは (f) ランダムコイル 構造を取る。
- (3) 真核細胞において、タンパク質を生体膜上に繫留する脂質修飾として、タンパク質 N 末端のグリシンを介した (g) パルミトイル化、C 末端付近のシステイン残基を介した (h) グルタチオン化、および GPI アンカー修飾などが挙げられる。
- (4) 細胞膜に局在する糖タンパク質の構成成分である (i) グルクロン酸 は細胞表面の水分を保ち、細胞表面の (j) 正電荷 に大きく寄与している。

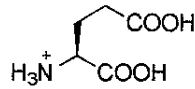
平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 6 問 化学・生化学 (2)

タンパク質に関連する下記の (1) ~ (5) の問いに答えよ。アミノ酸は 3 文字表記で示す。

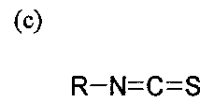
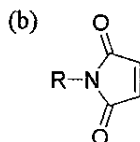
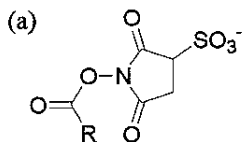
(1) 天然のタンパク質合成に使用される Thr の別称は、(2*S*,3*R*)-2-amino-3-hydroxybutanoic acid である。この構造式を立体配置が分かるように描け。また、Thr のエナンチオマーとジアステレオマーの構造式をすべて描いて、その関係を示せ。ただし、構造式は水溶液中 (pH7.0) において最も存在割合の高いものを描け。

(2) Glu の 3 つの官能基の  $pK_a$  (酸解離定数) は 2.1、4.1、9.5 である。このアミノ酸の水溶液中 (pH3.0) において最も存在割合の高い構造式を描け。また、2 つのカルボキシル基について  $pK_a$  が異なる理由を書け。



(3) Trp を 3 残基、Tyr を 4 残基含む単量体のアボタンパク質を精製し、10 mL のタンパク質水溶液 (pH7.0) を得た。光路長が 1.0 mm の石英セルを用いて波長 280 nm の吸光度を測定したところ  $A_{280} = 0.230$  であった。10 mL のタンパク質水溶液中に含まれるタンパク質のモル数を計算せよ。ただし、タンパク質水溶液中には目的のタンパク質のみが存在するものとする。また、タンパク質中における 1 残基の Trp のモル吸光係数の平均値は  $\epsilon_{280} = 5.54 \times 10^3 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 、1 残基の Tyr のモル吸光係数の平均値は  $\epsilon_{280} = 1.48 \times 10^3 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  とする。

(4) フルオレセインなどの低分子量蛍光性化合物でタンパク質を標識する場合、下記の構造をもつ反応性官能基 (a) ~ (c) が有効である。これらの官能基と反応する側鎖をもつ天然アミノ酸の名称を一つずつ示せ。また、アミノ酸側鎖とこれらの官能基が共有結合した状態を下記の構造式にならって示せ。さらに、(a) の官能基にスルホ基が導入されている理由を述べよ。



(5) タンパク質の変性は高次構造を維持している様々な相互作用・結合が大きく影響を受けた場合に起こる現象である。下記に挙げた化学物質 a~d をタンパク質溶液に添加することで引き起こされる変性のメカニズムを説明せよ。その際、影響を受ける相互作用・結合を明確に示すこと。

- a. メルカプトエタノール
- b. 硫酸
- c. 尿素
- d. ドデシル硫酸ナトリウム

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 7 問 化学・生化学 (3)

注意： $P$ は圧力、 $V$ は体積、 $T$ は絶対温度、 $H$ はエンタルピー、 $S$ はエントロピー、 $C_p$ は定圧熱容量とする。また、必要に応じて次の値を参照せよ。

$\ln 2 = 0.693$ , 気体定数  $R = 8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ ,  $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$

I. 以下の(1)～(3)の問いに答えよ。

(1) 以下のマクスウェルの関係式を導け。

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V \quad \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P \quad \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \quad \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

(2)  $\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$  を証明せよ。

(3) 理想気体の場合、圧力一定の条件なしに  $dH = C_p dT$  が常に成立することを示せ。

II. 固相と液相、液相と気相などの 2 相間の平衡圧の温度変化はクラペイロンの式  $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T\Delta V}$

であらわされる。以下の(1)～(3)の問いに答えよ。

(1) クラペイロンの式を導け。

(2) 氷に圧力をかけると融ける。しかし、氷以外の多くの固体では圧力をかけても融けない。

この氷の特異な性質をクラペイロンの式を使って説明せよ。

(3) ある物質の蒸気圧は、 $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$  で  $13.2 \text{ kPa}$ 、 $60.0 \text{ }^\circ\text{C}$  で  $52.8 \text{ kPa}$  である。理想気体を仮定し、この物質の蒸発熱を有効数字 3 桁で求めよ。但し、この温度範囲で蒸発熱は一定であるとする。

III. 溶媒 A に不揮発性溶質が少量溶けた希薄溶液を考える。純溶媒の蒸気圧を  $P_A^*$ 、溶媒の部分

モル体積を  $V_A$  とした時、溶液の蒸気圧  $P_A$  と浸透圧  $\Pi$  との間に、 $\Pi V_A = RT \ln \frac{P_A^*}{P_A}$  の関係式が

成り立つことを証明せよ。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 8 問 化学・生化学 (4)

- I. 電子が長さ  $a$  の一次元の井戸型ポテンシャル内で運動している系を考える(図 1)。位置エネルギー (ポテンシャルエネルギー)  $U$  は、井戸内 ( $0 \leq x \leq a$ ) では  $U=0$ 、井戸外 ( $0 > x, a < x$ ) では  $U=\infty$  とする。このとき、井戸内での電子のシュレーディンガーの波動方程式とその一般解は次のように書ける。ただし、 $m_e$ : 電子の静止質量、 $h$ : プランク定数、とする。以下の問いに答えよ。

$$-\frac{\hbar^2}{8\pi^2 m_e} \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} = E \psi(x) \quad \psi(x) = A \sin(\alpha x)$$

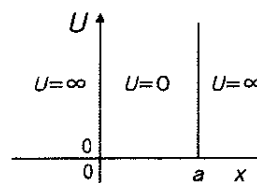


図 1

- (1)  $x=0$  の時  $\psi=0$ 、 $x=a$  の時  $\psi=0$  となる境界条件のもとで、この井戸内に閉じ込められた電子の  $n$  番目のエネルギー固有値  $E$  を  $n, m_e, h, a$  を用いて示せ。
- (2) ブタジエンが直線状の分子であると近似すれば、両端の炭素間の距離を  $a$  とした井戸型ポテンシャルを使って、ブタジエンの  $\pi$  電子のエネルギー固有値を求めることができる。ブタジエンの  $\pi$  電子の数を 4 個として、基底状態から第 1 励起状態に励起するために必要な電磁波のエネルギーを  $m_e, h, a$  を用いて示せ。
- (3) 前問における電磁波の波長を  $c, m_e, h, a$  を用いて示せ。ただし、 $c$  は真空中の光の速度とする。

- II. 電子が半径  $r=a$  (一定) の円周上を運動している系を考える(図 2)。つまり、半径  $r=a$  の時は位置エネルギー (ポテンシャルエネルギー)  $U=0$ 、半径  $r \neq a$  の時は  $U=\infty$  と置くとする。以下の問いに答えよ。

$$-\frac{\hbar^2}{8\pi^2 m_e a^2} \frac{d^2 \psi(\theta)}{d\theta^2} = E \psi(\theta) \quad \psi(\theta) = B \exp(ik\theta)$$

$$k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

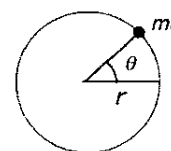


図 2

- (1) この様なポテンシャルエネルギーを持った電子のシュレーディンガーの波動方程式とその一般解は上式のように書ける。このときの、電子の  $k$  番目のエネルギー固有値  $E$  を求める式を  $m_e, k, h, a$  を用いて示せ。ただし、上式中の  $i$  は虚数単位、 $k$  は 0 を含む正または負の整数とする。
- (2) この様なポテンシャルエネルギーを持った電子の運動は、ベンゼン環などの  $\pi$  電子を量子論的に扱う場合に利用できる。共役二重結合を持つ化合物として、ベンゼン (6 個の  $\pi$  電子を持つ) とシクロブタジエン (4 個の  $\pi$  電子を持つ) について考える。これら 2 つの化合物の安定性を電子基底状態の違いによって説明せよ。ただし、2 つの化合物の 6 個または 4 個の  $\pi$  電子のエネルギー固有値は前問で求めたエネルギー固有値の式で近似できるとする。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 9 問 生物学 (1)

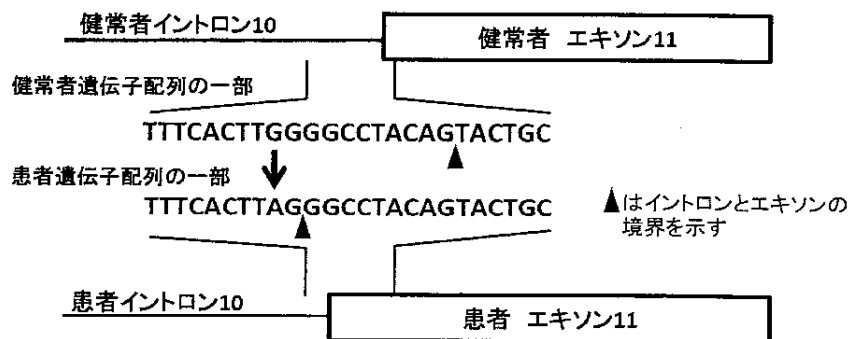
以下の文を読み、以下の問 I - VII に答えよ。

フェニルアラニンに関する代謝の異常で引き起こされるフェニルケトン尿症 (略して PKU) というヒトの病気がある。フェニルアラニンからチロシンが生じる反応に関与する酵素 (フェニルアラニンヒドロキシラーゼ: PAH) の遺伝子に突然変異がおこって引き起こされる。PAH は主に肝臓で機能するが、PAH がはたらかないとフェニルアラニンが別の反応系にまわって副産物が合成され、その蓄積が脳の発達に悪影響を与えるために病気になるとされる。PKU の患者は世界中で知られるが、地域によって原因となる遺伝子変異として異なる型のものが発見される。ある研究者が南ヨーロッパでみられる PKU 患者の PAH 遺伝子の配列を調べた。その結果、配列の一箇所で通常 G のところが A に変化していた (図中矢印)。次にこの PAH 遺伝子のイントロン-エキソン構造を明らかとする解析を行った。患者の肝臓の中に存在する PAH タンパク質を検出したところ、患者でも健常者と同レベル量のタンパク質が検出されたが、この患者 (ホモ接合体とする) の肝臓で PAH 酵素活性は検出されなかった。

問 I フェニルアラニンとチロシンの構造を書け。

問 II 患者から細胞の提供を受けたあと、この患者の PAH 遺伝子配列中のイントロン領域とエキソン領域を決定する実験を考案し、用いる手法と手順を簡潔に説明せよ。ヒトゲノム配列情報は公開されており、それを利用できるものとする。

問 III この患者の PAH mRNA の配列を調べた結果、図で示すようにイントロン 10 とエキソン 11 との境界が変化していることがわかった。なぜ遺伝子配列上一箇所の G から A への変化で、このようなイントロンとエキソンの境界の違いが生まれたかを説明せよ。



問IV イントロン 10 とエキソン 11 との境界が変わった結果、この患者の肝臓で発現する PAH タンパク質の一次配列がどのようなになるかを述べよ。

問V 特異的に PAH タンパク質の量を検出するために応用可能な技術の名前一つと、その実験技術を応用する際に研究者が独自に用意すべき物とを合わせて記せ。

問VI この患者の肝臓にある PAH タンパク質の量と酵素活性を結びつける説明をせよ。

問VII 健常者の PAH タンパク質の立体構造が明らかとなり、エキソン 11 部分のアミノ酸配列はこの酵素の触媒活性部位の周辺に位置することがわかった。問IVと問VIでの回答を結びつける説明をせよ。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 10 問 生物学 (2)

以下の問 I-Ⅱに答えよ。

問 I DNA のメチル化について下記の設問(1)-(4)に答えよ。

- (1) 5-メチルシトシンの構造を記せ。
- (2) 哺乳類のゲノム DNA を亜硫酸水素ナトリウム(sodium bisulfite)で処理すると、どのような変化が生じるか、説明せよ。また、この現象を利用すると、ゲノム DNA 中の DNA メチル化部位が同定できるが、その方法を説明せよ。
- (3) 5-メチルシトシンが脱アミノ化すると、チミンに置換される。この現象が脊椎動物の生殖細胞ゲノム中で生じることで、ある種の 2 塩基の配列が理論的な出現頻度と比べて極端に少なくなっている。その配列を記せ。また、活発に発現している遺伝子のプロモーター領域ではこの配列が多く見られるが、その理由を 3 行以内で答えよ。
- (4) DNA メチル化が関与する生命現象を一つあげ、DNA メチル化がどのように関わっているかを説明せよ。

問Ⅱ 遺伝子発現制御ネットワークについて、下記の設問(1)-(2)に答えよ。

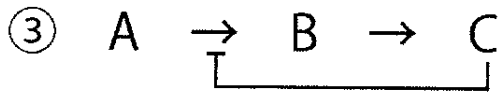
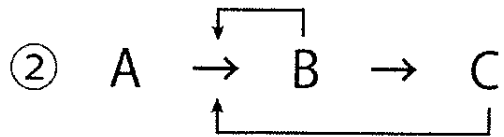
- (1) 図 1 の①-③のような遺伝子発現制御ネットワークが存在した場合、それぞれどのような mRNA 発現量の時間経過をたどると考えられるか、図 2 のア~オのうち最も適当なものを選び、記号で記せ。
- (2) 図 1 の③と同じタイプの遺伝子制御系の、生物における役割について、実際の例を挙げて説明せよ。

(次のページに続く)



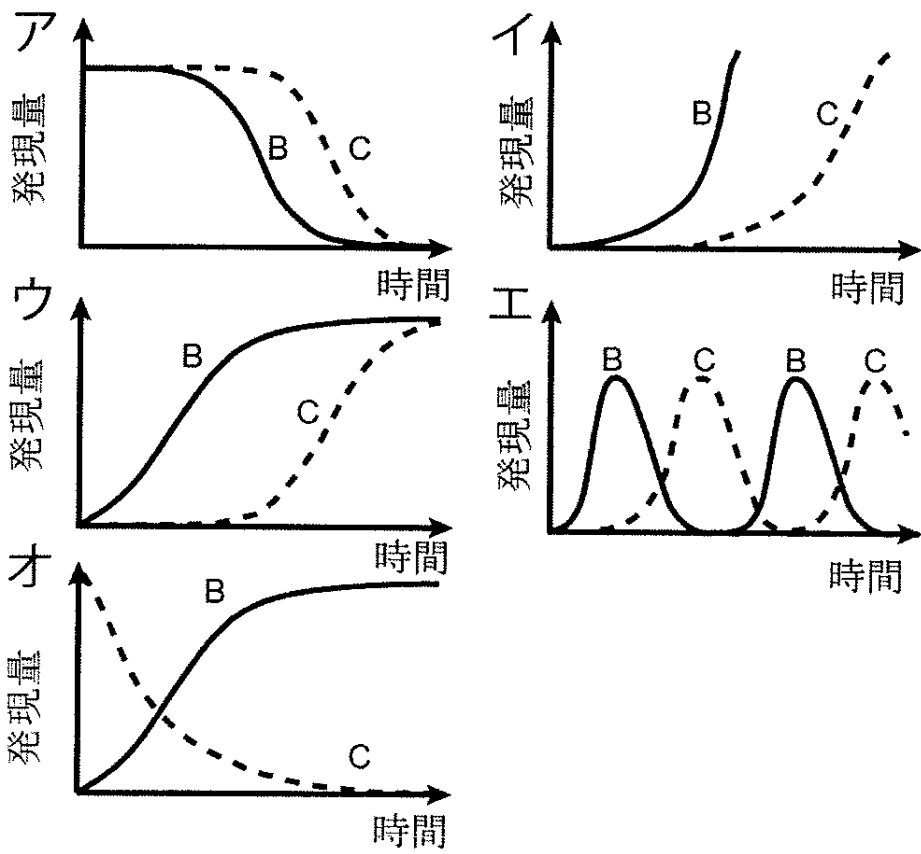
平成 27 年度修士課程入学試験問題  
 生命環境科学系 総合科目

第 10 問 生物学 (2)



A、B、Cは遺伝子、「 $\rightarrow$ 」は発現の促進、「 $\dashrightarrow$ 」は発現の抑制を示す。  
 Aが発現し、BおよびCの発現に影響するまでには一定の遅延時間があると仮定する。

図 2 mRNA 発現の時間経過



平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 11 問 生物学 (3)

以下の問 I-V に答えよ。

問 I 精製したアクチンやチューブリンヘテロダイマーを使って、溶液の塩濃度や温度などを制御することにより、試験管内でアクチンフィラメントや微小管に重合させることができる。

- (1) アクチンフィラメントの重合量は、その溶液の粘度を測定することで定量できるが、それがどのような原理に基づくものであるか、また、粘度と重合量の関係はどのようなものか、説明せよ。
- (2) 微小管の重合量は、その溶液の濁度 (吸光度) を測定することで定量できるが、それがどのような原理に基づくものであるか、また、濁度と重合量の関係はどのようなものか、説明せよ。

問 II ファロイジンはタマゴテングダケという毒キノコに含まれる毒の成分で、アクチンフィラメントに強く結合することが知られている。蛍光色素で標識したファロイジンを利用して、溶液中のアクチンフィラメントを 1 本ずつ可視化することができる。しかし、この蛍光ファロイジンを細胞内に注入しても、細胞内のアクチンフィラメントの動態を観察することはできない。

- (1) 蛍光ファロイジンを注入しても細胞内のアクチンフィラメントの動態を観察できない理由を答えよ。
- (2) 細胞内のアクチンフィラメントの動態を調べるには、どのような方法があるか、説明せよ。

問 III 多くの動物細胞では核の近くに中心体が存在し、そこから微小管が細胞の辺縁部に向けて放射状に伸びており、細胞内の物質輸送の基盤となる構造をつくっている。細胞内の物質輸送が効率的に行われるためには、微小管が放射状構造をとることのほか、重要な要因がいくつかある。重要と思われる要因を 2 つ挙げて説明せよ。

問 IV 分子モーターであるミオシンは最初に骨格筋から精製されて同定された。その後、筋肉以外の組織にも異なるタイプのミオシンが存在し、小胞輸送などにはたらくことが明らかになった。筋肉ではたらくミオシンと、小胞輸送において数分子のみではたらくミオシンでは、運動特性に大きな違いがある。運動の速度とクロスブリッジサイクル中のアクチンとの結合時間の割合 (duty ratio) に着目し、細胞内の役割と関連させて、その違いを説明せよ。

問 V 植物細胞において分子モーターによって引き起こされる現象を 2 つ挙げ、それぞれについて関与する分子モーターの名前を記せ。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 12 問 生物学 (4)

以下の文を読み、問 I—VII に答えよ。

ヒトにおいて、食後 30 分前後をピークに血中グルコース濃度 (血糖値) が上昇する。すると膵臓の (1) にある (2) 細胞は、インスリンを血中に (a) 開口放出する。血中に放出された (b) インスリンは、血流によって肝臓や筋肉などの標的臓器まで運ばれ、グルコースの取り込みを促進する。その結果、血糖値が低下する。このような細胞間でのシグナル伝達を、(c) エンドクリンという。

問 I 文中の (1) と (2) に入る最も適切な語を答えよ。

問 II 下線部 (a) について。

細胞内  $\text{Ca}^{2+}$ 濃度上昇からホルモン開口放出に至るまでの分子機構について、 $\text{Ca}^{2+}$ の由来についても言及し、説明せよ。

問 III 下線部 (a) について。

開口放出とは異なり、細胞内で産生された後、そのまま細胞膜を透過して細胞外へ放出されるホルモンが生体内には存在する。これらホルモンは、その構造から何と呼ばれているのか、答えよ。また、それらの作用機序について説明せよ。

問 IV 下線部 (b) について。

インスリンとは逆に、血糖値を上昇させるホルモンの名称を 3 つ記せ。

問 V 下線部 (c) について。

細胞間のシグナル伝達には、エンドクリン以外にも、オートクリン、パラクリン、シナプス型、細胞接触型がある。これら 4 つについて、それぞれ説明せよ。

問 VI 下線部 (c) について。

小腸から分泌されるホルモンは、(2) 細胞に存在する  $G_s$  共役型受容体を活性化し、細胞の増殖を促進する。cAMP ホスホジエステラーゼの阻害剤を (2) 細胞に投与すると、この細胞の増殖にどのような影響を与えるか、理由とともに説明せよ。

問 VII 細胞内  $\text{Ca}^{2+}$ 濃度を測定する方法について、説明せよ。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
 生命環境科学系 総合科目

第 13 問 生物学 (5) (その 1)

以下の文を読み、問 I - VIII に答えよ。

図 1 は植物 (緑葉) の中心代謝系の概略図である。平行四辺形は ATP などの高エネルギーリン酸化合物を、ひし形は還元力を表し、どちらも生化学反応において自由エネルギー源となる物質である。ここでは、光合成によって固定された炭素がさまざまな物質に変換されるとともに、蓄えられた自由エネルギーが利用・変換されるようすが示されている。

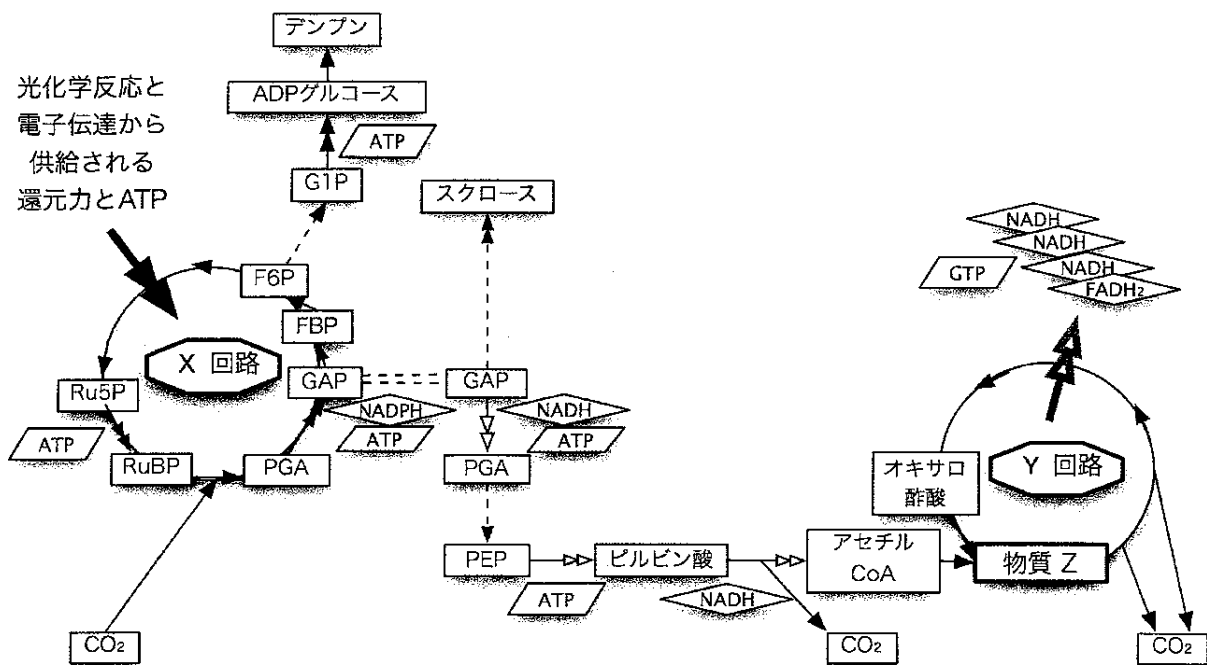


図 1 植物の中心代謝経路

破線は省略部分を含むことを示す。2つのGAPの間の二重点線は葉緑体と細胞質との輸送を示す。

黒の二重矢印は自由エネルギー要求反応を、白抜き二重矢印は自由エネルギー産生反応を示す。

F6P, フルクトース 6-リン酸; FBP, フルクトース 1,6-ビスリン酸; G1P, グルコース 1-リン酸;  
 GAP, グリセルアルデヒド 3-リン酸; PEP, ホスホエノールピルビン酸; PGA, 3-ホスホグリセリン酸;  
 Ru5P, リブロース 5-リン酸; RuBP, リブロース 1,5-ビスリン酸

- 問 I 図中の X と Y に入る適当な語を答えよ。また物質 Z の名称を答えよ。
- 問 II X 回路において、正味で 1 分子の GAP を回路外に取り出すことができるためには、計算上、何分子の RuBP が反応に使われる必要があるか。
- 問 III X 回路において、正味で 1 分子の GAP を得るのに、6 分子の NADPH と 9 分子の ATP が必要とされる理由を説明せよ。
- 問 IV X 回路の活性は、光によって調節されている。そのしくみを説明せよ。

(次のページに続く)

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 13 問 生物学 (5) (その 2)

問 V イネの植物体内で、デンプンを合成している場所はどこか。もっとも適切と思う器官(または組織)と細胞内小器官名の組み合わせを、2通り答えよ。

問 VI 葉では、昼間にデンプンをいったん貯蔵しておき、夜間にそれを加水分解してグルコースを取り出し、さらにスクロースに変えて転流するということが考えられる(この場合、三炭糖にまで分解しない)。スクロースは、UDP グルコースと F6P の反応によって得られる化合物を加水分解して合成する。デンプンをスクロースに作りかえるのには、スクロース 1 分子当たり何分子の ATP を必要とするか。実際には、デンプンを分解する際には、そのごく一部がリン酸化されることが知られているが、計算では考慮しなくてよい。グルコースの代謝は、細胞質で通常の解糖系の一部を使って行われるとする。UTP も ATP として換算して考える。

問 VII 植物が光合成によって得た同化産物(三炭糖類)を、すべて好気呼吸で消費したとすると、最初に炭素同化で使われた自由エネルギーのどれだけの部分が回収されることになるだろうか。呼吸鎖において NADH (NADPH も同等に考える) と  $FADH_2$  は、それぞれ 3 個と 2 個の ATP を生ずるとし、GTP も ATP になるとして、すべて ATP に換算して計算し、使われた ATP と回収される ATP の分子数をそれぞれ答えよ。

問 VIII 上の問 VI・VII でわかるように、物質変換を行うにはコストがかかる。これに関して、次の選択肢から最も適切と思うものを選び、その理由を 2 行程度で説明せよ。

- (1) 細胞内で物質を作りかえるとコストがかかるので、できるだけ作りかえをしない方がよい。
- (2) 物質の作りかえをしても、最終的にその物質を酸化的に分解したときに得られる自由エネルギーの方が大きいので、何も問題はない。
- (3) 植物全体としては、必要に応じて、一時的に物質を貯蔵したり、輸送したり、それを作りかえたりすることはやむを得ない。
- (4) 代謝経路図は、いろいろな細胞で行われる代謝をひとつに合わせて表示しているだけなので、物質の作りかえは、本当は行われていない。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 14 問 身体運動科学 (1)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. 長時間運動の後半において、肝臓および骨格筋のグリコーゲン量が減少し、血糖値が低下しはじめた場合、運動を持続させるために生体はどのようにして血糖値を維持しようとするか説明しなさい。
- II. 運動時には骨格筋のタンパク質の分解が亢進することが知られている。運動時における骨格筋タンパク質の分解に関与する機構のうち、①分解しようとするタンパク質を認識し、選択的に分解する機構と②原則として非選択的にタンパク質を分解する機構を一つずつ挙げ、それぞれの機構がどのようにタンパク質を分解するのか説明しなさい。
- III. 体脂肪を減らそうとする際に、脂肪分解が鍵であるとする考え方について説明しなさい。また、この考え方の問題点について身体運動と関連させて説明しなさい。
- IV. 褐色脂肪細胞について説明しなさい。また、持久的トレーニングと褐色脂肪細胞との関係について説明しなさい。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 15 問 身体運動科学 (2)

以下の設問の中から 2 問選択して答えなさい。なお、3 問すべてに答えると解答が無効になるので注意すること

- A. ヒトが目標物に素早く手を伸ばすときの手先の運動軌道を計測すると、いくつかの普遍的な特徴が見られる。その特徴について説明しなさい。

またそれらの特徴から、脳が運動軌道を計画する際のモデルがいくつか提案されてきた。そのモデルを一つ挙げ、概要を説明しなさい。

- B. 歩行を司る神経機構について、①発動と停止、②一定速度での歩行中、それぞれに関与する中枢神経機構とその役割について説明しなさい。

- C. 人間の脳には運動に関連する領域が複数存在する。それらのうち前頭葉にある代表的な領域を複数挙げ、それぞれについて説明しなさい。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 16 問 身体運動科学 (3)

骨格筋の力学的特性に関する次の文章を読み、下の問題 (1)~(5) に答えなさい。

筋の長さ と 張力 の 関係 を 長さ-張力 関係 という。図 1 に、摘出した骨格筋を電気刺激 (最大強度) して得られる長さ-能動的張力 関係を示す。図には記載していないが、静止状態の筋を伸張すると、能動的張力が最大となる長さ (至適長:  $L_0$ ) 付近から受動的張力が発生し始める。受動的張力は、身体内で関節可動域に影響を及ぼす。今、ヒト肘屈筋を対象とし、生体内での長さ-能動的張力 関係を調べる実験を行った。肘関節角度を  $50^\circ \sim 150^\circ$  (上腕と前腕に挟まれる角度) の間の 6 つの角度で固定し、等尺性最大肘屈曲トルクを測定したところ、表 1 に示すような結果が得られた。

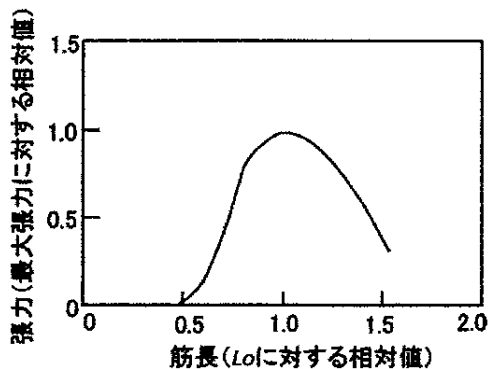


図 1 脊椎動物骨格筋の長さ-張力関係

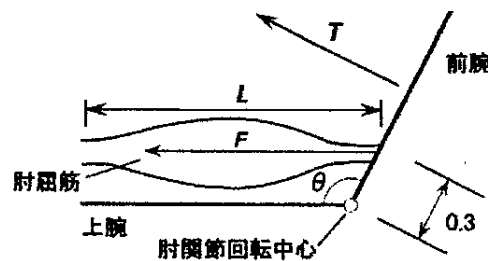


図 2 肘屈曲のモデル

表 1 ヒト肘屈筋の実験結果 (相対値)

関節角度 ( $^\circ$ )	50	70	90	110	130	150
トルク	0.40	0.70	1.00	1.05	0.90	0.60
筋長	0.81		1.00	1.10		
張力	0.52		1.00	1.12		

表 2 三角関数表

角度 $\theta$ ( $^\circ$ )	30	40	50	60	70	80	90
$\sin \theta$	0.50	0.64	0.77	0.87	0.94	0.98	1.00
$\cos \theta$	0.87	0.77	0.64	0.50	0.34	0.17	0.00

- 図 1 に受動的張力、全張力 (能動的張力+受動的張力) を示す線を書き加えたグラフを作成し (概念図でよい)、解答用紙に記入しなさい。
- 摘出筋の受動的張力の発生源を、細胞内と細胞外に分けて 1 つずつ挙げなさい。
- 身体内で、筋の受動的張力以外に関節可動域に影響する要因は何か。可能性のあるものをすべて挙げなさい。
- 図 2 は、ヒト肘屈筋に関して、筋長を  $L$ 、肘関節屈曲トルクを  $T$ 、肘関節角度を  $\theta$ 、筋の張力を  $F$  としてモデル化したものである。肘関節角度  $90^\circ$  でのトルク、筋長、能動的張力をすべて 1.00、肘関節回転中心から肘屈筋の停止までの距離を 0.30 として、表 1 の空欄を埋め、さらに筋長-能動的張力 関係のグラフを作成しなさい。計算にあたっては、表 2 の三角関数表を用いること。解答用紙に記入する表は関節角度とトルクを省いてよい。
- 上の問題(4)で作成したグラフと、図1のグラフの関連性について、5行以内で考察しなさい。ヒト肘屈筋の  $L_0$  に関する論点を含めること。



平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 17 問 身体運動科学 (4)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. スポーツによる突然死の原因を挙げ、その予防について説明しなさい。
- II. 学童期に運動を行うことが健康に及ぼす良い点・悪い点それぞれにつき、スポーツ医学の観点から説明しなさい。
- III. (1) 高齢者において転倒を起こしやすい身体的要因を挙げなさい。  
(2) 高齢者の転倒による骨折の予防について説明しなさい。
- IV. スポーツによる肩関節の外傷・障害について肩関節の構造を図示し、説明しなさい。  
なお、構造を示す図では、少なくとも上腕骨頭・肩甲骨関節窩・関節唇の 3 つを示すこと。

第 18 問 身体運動科学 (5)

以下の設問すべてに答えなさい。

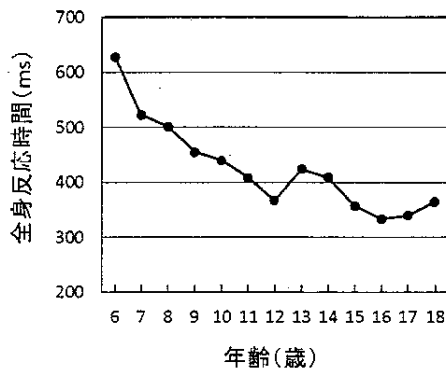
- I. 筋力トレーニングに伴う筋力増大の背景にある「神経性因子の改善」について、具体的に説明しなさい。併せて、神経性因子の改善を明らかにするための測定法について説明しなさい。
- II. 「関節トルクー関節角度」関係にみられる個人差の要因について説明しなさい。
- III. 下の図Aは、全身反応時間の発達曲線を示す。6歳から18歳までの男子を対象として、聴覚刺激が提示されてからできるだけ早く跳躍動作を行うよう教示し、離地に至るまでの時間を計測した。図Aを参照し、以下の問(1)～(3)に答えなさい。

(1) 全身反応時間短縮の背景にある発育・発達の变化について、以下の語をすべて用いて説明しなさい。

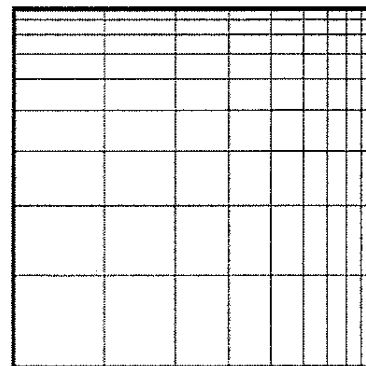
中枢神経系、筋活動開始、動作開始、離地

(2) 全身反応時間の発達における性差について、脚筋力、PHV(the age of peak height velocity)、および身体組成の観点から説明しなさい。

(3) 図Bを参考にして、図Aに示されている数値の概略を両対数グラフにプロットし、その特徴について考察しなさい。なお、グラフの作成にあたっては、軸の目盛りを明示すること。また、グラフは解答用紙に記入すること。



図A



図B

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 19 問 身体運動科学 (6)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. 骨盤と右下肢大腿部の解剖学的特徴点の上に貼付したマーカー (下図) の位置データから、右下肢の股関節の屈曲/伸展角度、外転/内転角度、外旋/内旋角度を求めたい。オイラー角を用いる導出法について説明しなさい。なお、説明に必要な各種の定数、変数、図などについては自身で設定すること。

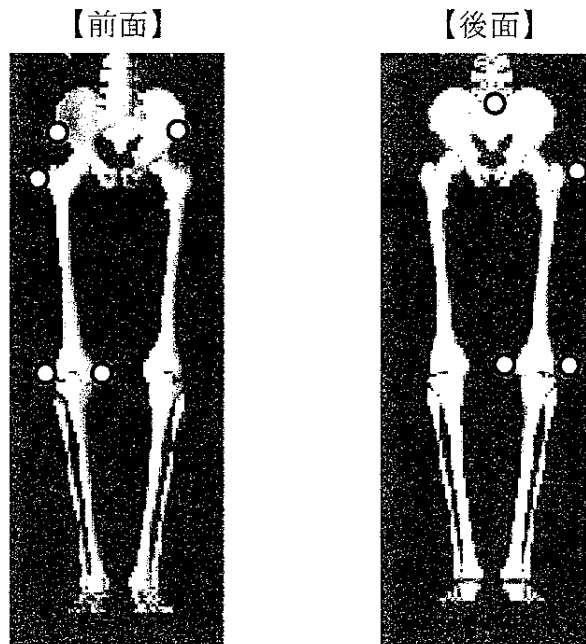


図 マーカー (丸印) 貼付位置

- II. 走・跳・投動作などのバイオメカニクス的研究では、力学指標の1つとして関節トルクが使用される。一方、関節トルクから主働筋の筋張力を推定することは少ない。その理由について説明しなさい。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 20 問 認知行動科学 (1)

以下の 3 問すべてについて解答せよ。

I. ヒトの進化適応環境について説明せよ。

II. 協力行動について、以下の問いに答えよ。

(1) 以下の用語を用いて、協力行動の進化的基盤について概説せよ。

相利行動、血縁選択、直接互惠、間接互惠、評判、制裁

(2) ヒト以外の霊長類における協力行動について、比較認知科学の研究例にもとづいて説明せよ。

III. 動物における子育てのパターンについて概説し、それぞれのパターンがどのような要因によって決まるのか説明せよ。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 21 問 認知行動科学 (2)

以下の 3 問すべてについて解答せよ。

I. 精神病理の発症については、素因（生物学的素因やパーソナリティ特性）を重視する立場と、ストレス（心理社会的要因）を重視する立場がある。また、両者を統合する立場として、「素因ストレスモデル」の考え方がある。これらの立場について、それぞれの代表的な研究を例にとって説明せよ。

II. 不安障害の発生と持続について、行動理論と認知理論のそれぞれの考え方を説明せよ。また、そうした考え方の違いが不安障害の治療にどのような違いとなってあらわれるか説明せよ。

III. 幻聴に関する以下の問いに解答せよ。

(1) 健常者でも幻聴を体験しやすいのはどのような状況か説明せよ。

(2) 幻聴のアナログ研究を行う利点と注意点を説明せよ。

(3) 命令幻聴への服従行動に影響を与える認知（思考・信念）にはどのようなものがあるか説明せよ。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 22 問 認知行動科学 (3)

以下の 2 問すべてについて解答せよ。

I. ヒトのコミュニケーションの進化について、以下の問いに答えよ。

(1) 以下の用語を進化生物学的に定義せよ。

(a) コミュニケーション

(b) 正直な信号

(2) 言語と情動が、それぞれ正直な信号と言えるかどうかを検討し、言語と情動がどのような相互作用のもとで進化してきたかを考察せよ。

II. ヒトの音声言語とトリの歌（さえずり）について、以下の問いに答えよ。

(1) ヒトの音声言語について、音声入力から発声出力に至る神経回路を図示し、各部の名称を記せ。

(2) トリの歌について、音声入力から発声出力に至る神経回路を図示し、各部の名称を記せ。

(3) ヒトの音声言語とトリの歌の神経回路を比較し、相同と思われる部位、相似と思われる部位、成因的相同と思われる部位をそれぞれ特定し、そう考える理由を説明せよ。その際、それぞれの部位が司るとされる行動との対応についても考察せよ。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 23 問 認知行動科学 (4)

以下の 4 問すべてについて解答せよ。

- I. ヒトの脳機能計測の方法としての fMRI、EEG、MEG、NIRS について、それぞれの利点や欠点を挙げつつその仕組みを説明せよ。
- II. Hemodynamic Response Function について説明せよ。図を用いてもよい。
- III. ヒトのレチノトピー (retinotopy) について説明し、レチノトピーを測定する具体的な方法を述べよ。
- IV. 脳内のある領域と別の領域との間の接続を調べるための方法を 2 つ以上挙げ、それぞれについて説明せよ。

平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 24 問 認知行動科学 (5)

以下の 4 問すべてについて解答せよ。

I. 霊長類の視覚系における明るさ・色情報処理のメカニズムについて、網膜、外側膝状体、低次視覚皮質、高次視覚皮質へと順を追って説明せよ。

II. ある刺激がその後の刺激の知覚や認知に及ぼす効果にはどのようなものがあるか。少なくとも二つの例を挙げ、その概要を説明するとともに、それぞれが認知情報処理のどのような側面を調べるために利用できるかを論ぜよ。

III. 反応時間の測定、分析、および解釈について、それぞれの方法と留意点をできるだけ詳細に述べよ。

IV. 顔の認知は視覚情報処理において格別の地位を占めるという主張がある。この主張を裏付ける行動学的・生理学的・発生論的根拠を述べよ。また、この主張に対する反論を 1 つ挙げ、その根拠を述べつつ議論せよ。



平成 27 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 25 問 認知脳科学 (1)

Answer either in Japanese or English.

Describe the basic steps involved in synaptic transmission, beginning with the arrival of an action potential at the presynaptic terminal. Give an example of a molecular mechanism of synaptic plasticity that targets one of the steps of synaptic transmission.

第 26 問 認知脳科学 (2)

Answer both of the following questions. Answer either in Japanese or English.

I. Sensory information is thought to be encoded by a population of neurons.

Provide evidence to support this hypothesis. Furthermore, describe the benefits of this coding strategy.

II. Describe two experimental methods that can record the activity from a population of neurons at cellular resolution. Compare the two in terms of temporal resolution and sensitivity.

第 27 問 認知脳科学 (3)

Answer both of the following questions. Answer either in Japanese or English.

I. In addition to anterograde amnesia, hippocampal damage also leads to the loss of memories of past experiences (retrograde amnesia). However, typically the older the memory, the safer it is from loss. Discuss why there is a temporal gradient to hippocampal-dependent retrograde amnesia.

II. Oscillatory activity can be observed in the brain using a variety of techniques and it has been suggested that they play a crucial role in processes including memory and attention. Describe one of the oscillations that can be observed in the brain and explain how it is thought to contribute to circuit function.

# 草稿用紙

# 草稿用紙

# 草稿用紙