

平成29年度第1次募集（平成28年10月入学含む）
新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程入学者選抜試験問題

一般入試

環境科学専攻
自然システム科学

E1

専門科目（基礎自然科学）

注意事項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、表紙をのぞき全部で16ページある。
- 3 物理学（[1]，[2]），化学（[3]，[4]），生物学（[5]，[6]），地学（[7]，[8]）の[1]～[8]から3問を選択し、解答すること。
- 4 解答は、解答用紙の「問題番号」記入欄に解答する問題番号を記入してから、その頁に記入すること。ただし、解答欄が足りない場合は、裏面を使用すること。
- 5 受験番号は、各解答用紙の指定された箇所に必ず記入すること。
- 6 解答時間は、120分である。
- 7 下書きは、問題冊子の余白を使用すること。

[1] $x-y$ 平面上の単位質量の質点の運動を考える。 x 方向及び y 方向の速さをそれぞれ u 及び v とする。 x 成分及び y 成分の運動方程式が定数 ω を用いてそれぞれ以下の (1), (2) 式のように表せるとする。 t は時間とする。このとき, 以下の問 1 ~ 問 4 に答えよ。問 3, 問 4 における図示はフリーハンドでよい。

$$\frac{du}{dt} - \omega v = 0 \quad (1)$$

$$\frac{dv}{dt} + \omega u = 0 \quad (2)$$

問 1 $t=0$ で $v=V (>0, \text{定数})$, $u=0$ のとき, u および v はそれぞれ以下の (3), (4) 式で表せることを示せ。

$$u = V \sin \omega t \quad (3)$$

$$v = V \cos \omega t \quad (4)$$

問 2 (3), (4) 式より, 質点の位置 x 及び y を求めよ。 $t=0$ で $x=0, y=0$ とする。

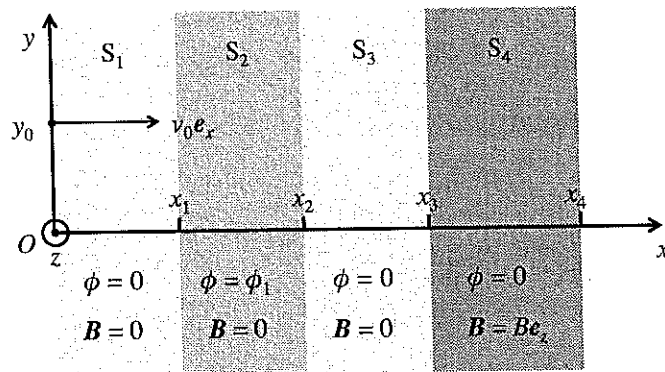
問 3 問 2 で求めた質点の位置 x 及び y より質点の軌道を求め, その特徴を記述せよ。
また $x-y$ 座標上に軌道を図示し, $t=0$ における質点の運動の向きを矢印で示せ。

問 4 $x-y$ 平面上の単位質量の質点の運動が, 以下の (5), (6) 式のように表せるとき, 質点の軌道を $x-y$ 座標上に図示せよ (概形でよい)。ただし, $t=0$ で $x=0, y=0$ とする。

$$u = V + V \sin \omega t \quad (5)$$

$$v = V \cos \omega t \quad (6)$$

[2] 真空中に電場も磁場もない電位ゼロの領域 $S_1 (0 \leq x < x_1)$, $S_3 (x_2 \leq x \leq x_3)$ と電場も磁場もない電位 $\phi = \phi_1$ の領域 $S_2 (x_1 \leq x < x_2)$, および, 電場はなく $+z$ 方向に均一な磁場 $\mathbf{B} = B\mathbf{e}_z$ がある電位ゼロの領域 $S_4 (x_3 < x \leq x_4)$ が図のように接続されている。このような空間内での質量 m , 電荷 q ($q > 0$) をもつ荷電粒子の運動を考えてみる。荷電粒子は時刻 $t=0$ で, $x=0, y=y_0$ にあり初速度 $v_0\mathbf{e}_x$ を持つとする。このとき, 以下の問 1 ~ 問 5 に答えよ。ただし, 重力や相対論効果の影響は無視できるとし, 素電荷を q_e とする。 x, y, z 方向の単位ベクトルをそれぞれ $\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z$ と表す。



- 問 1 荷電粒子が S_3 領域にある時の運動エネルギー T_1 を求めよ。また, $x=x_3$ に到達する時刻を求めよ。
- 問 2 荷電粒子が S_2 を通過中に電子を放出し電荷が変化した。この電荷変化後の荷電粒子が S_3 領域にある時の運動エネルギー T_2 を求めよ。また, $x=x_3$ に到達する時刻を求めよ。ただし, 電子放出にともなう荷電粒子の質量および運動量の変化は無視できるとする。
- 問 3 電荷 q を持つ荷電粒子の S_4 領域での運動方程式を求めよ。
- 問 4 問 3 の運動方程式を解き, S_4 領域内の荷電粒子の軌道を求めよ。
- 問 5 荷電粒子を原点に戻すのに必要な磁場の強さ B を求めよ。

[3] 以下の問 1, 問 2 に答えよ。

問 1 N_2 , O_2 の分子軌道のエネルギー準位図を図に示す。このとき, 以下の (1) ~ (5) に答えよ。

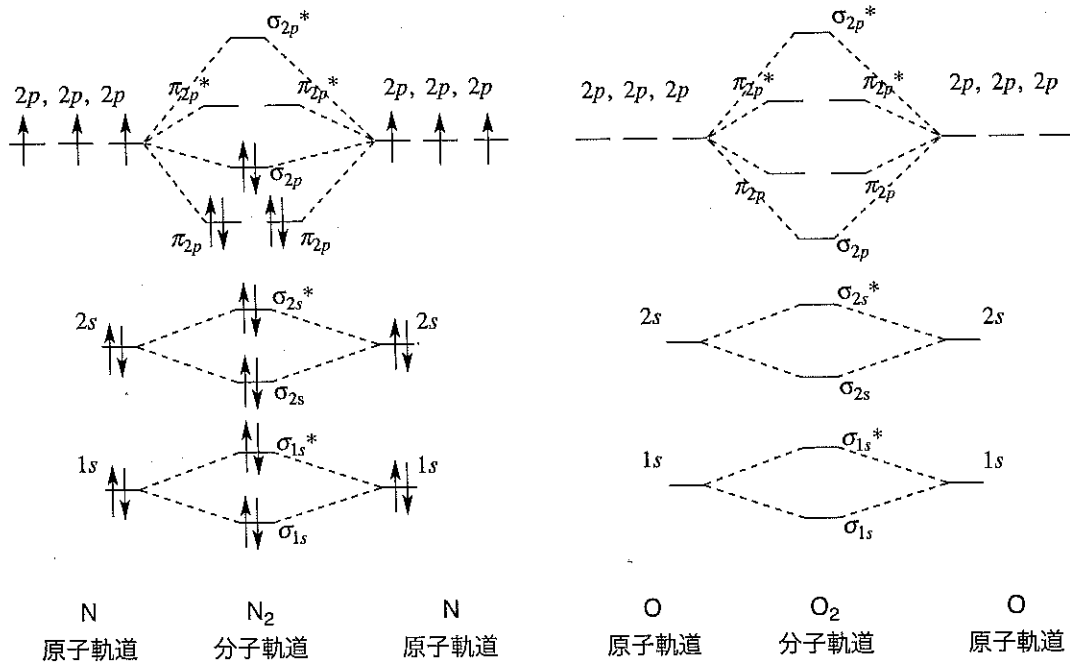
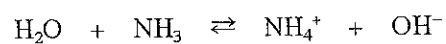


図 N_2 (左) および O_2 (右) の分子軌道のエネルギー準位図

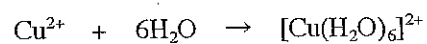
- (1) 原子軌道, 分子軌道への電子配置を決定する構成原理について説明せよ。また, N_2 の電子配置図を参考にして O_2 の電子配置を書け。解答は図の O_2 エネルギー準位図を解答用紙に書き写し, その図中に書き込め。
- (2) σ 結合, π 結合とはどのようなものか説明せよ。
- (3) 結合性分子軌道 (σ_{1s} , σ_{2s} , σ_{2p} , π_{2p}) と反結合性分子軌道 (σ_{1s}^* , σ_{2s}^* , σ_{2p}^* , π_{2p}^*) の違いを説明せよ。
- (4) O_2 の結合次数を答えよ。
- (5) O_2^+ の結合解離エネルギーは O_2 に比べ大きいか小さいか, 理由とともに答えよ。

問2 酸塩基反応に関する以下の(1), (2)に答えよ。

(1) アンモニアは水と次のブレンステッド酸塩基反応を行う。反応物中で酸として作用している物質, 塩基として作用している物質を示して, ブレンステッドの酸塩基について説明せよ。



(2) Cu^{2+} イオンは水中で次の錯形成反応をおこない, これはルイスの酸塩基反応である。反応物中で酸として作用している物質, 塩基として作用している物質を示して, ルイスの酸塩基について説明せよ。



[4] 以下の問1, 問2に答えよ。

問1 図1のように, 二つの容器AとBをコックCで連結したものが水槽の中に沈められている。コックCが閉じられているとき, 容器Aには理想気体が入った状態で, 容器Bは真空の状態それぞれ密閉されている。水槽内の水から理想気体に移動する熱を q , 理想気体に行われる仕事を w , 理想気体の内部エネルギー, 体積, 温度, 圧力をそれぞれ U, V, T, P としたとき, 以下の(1)~(5)に答えよ。ただし, 水槽から水槽の外部に対する熱の移動は無いものとする。

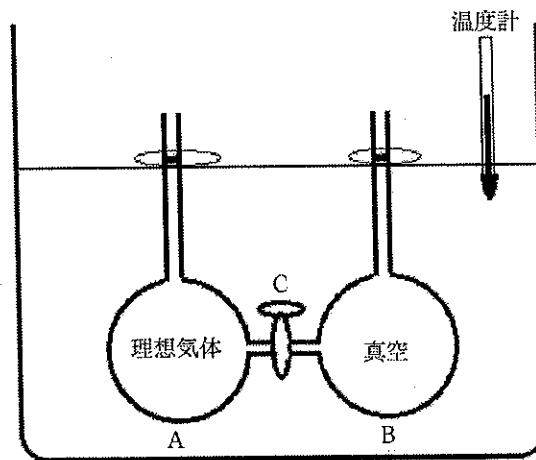


図1 水槽中の容器A, B

- (1) コックCを開いたとき, w はいくらになるか数式を用いて答えよ。
- (2) コックCを開いたとき, 水槽の温度は変化しなかった。 q はいくらになるかを数式を用いて答えよ。
- (3) コックCを開いた後と開く前とでの理想気体の内部エネルギー変化(ΔU)を数式を用いて答えよ。
- (4) 内部エネルギーを温度と体積の関数としたとき, その無限小変化 dU は温度と体積の無限小変化 dT, dV を用いて(1)式のように表すことができる。

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV \quad (1)$$

同様に、内部エネルギーを温度と圧力の関数としたとき、 dU は温度と圧力の無限小変化 dT , dP を用いて (2) 式のように表すことができる。

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial U}{\partial P} \right)_T dP \quad (2)$$

このとき、 $\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = 0$, $\left(\frac{\partial U}{\partial P} \right)_T = 0$ となることをそれぞれ導け。

(5) 定圧熱容量を C_p , 定積熱容量を C_v , 気体の物質量を n , 気体定数を R としたとき、メイヤーの関係式

$$C_p - C_v = nR$$

を導け。ただし、(1) 式より導くことのできる (3) 式の関係を用いて良い。

$$\left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_P = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (3)$$

問2 塩化第二水銀 (HgCl_2) を $5.00 \times 10^{-4} \text{ mol}$, エチレンジアミン四酢酸 (EDTA) を $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 含む pH 6.00 の溶液 A が 100 cm^3 ある。この溶液に白金線を浸した半電池と水素標準電極を、塩橋をつないで図2に示すような電池を構成した。このとき以下の (1) ~ (4) に答えよ。ただし、 a_{H^+} は水素イオンの活量を示す。またすべての化学種の活量係数は 1 とし、この溶液の温度 (25.0°C) , 圧力 (1.00 atm) , pH (6.00) は変化しないものとする。必要であれば、以下の値を用いよ。ファラデー定数 : 96500 C mol^{-1} , 気体定数 : $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

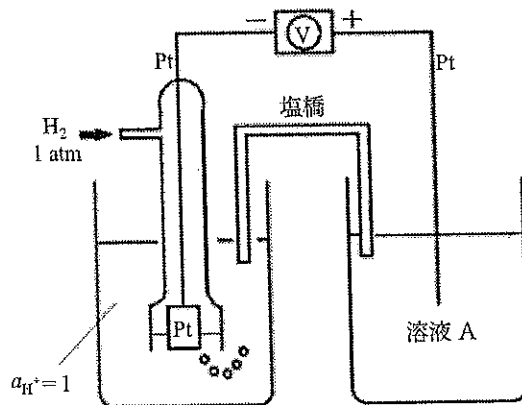
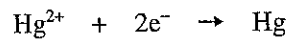


図2 標準水素電極と溶液 A から構成される電池

(1) 図2の右側の半電池で起こる



の反応の標準酸化還元電位が 0.852 V であるとき、この半電池の電位を、 Hg^{2+} の濃度 $[\text{Hg}^{2+}]$ を用いて表せ。

(2) 溶液 A の中では、 Hg^{2+} と EDTA との錯生成により 1:1 錯体が生じる。錯生成に関与する EDTA 化学種を Y^{4-} 、1:1 錯体を HgY^{2-} としたとき、錯体の生成定数 K を $[\text{Hg}^{2+}]$ 、 Y^{4-} の濃度 $[\text{Y}^{4-}]$ 、 HgY^{2-} の濃度 $[\text{HgY}^{2-}]$ を用いて表せ。ただし、 Hg^{2+} と EDTA との間には 1:1 錯体のみが生成し、 Hg^{2+} に関しては、錯生成以外の反応は起こらないものとする。

(3) 溶液 A 中での錯生成に関しては、 Y^{4-} に対するプロトン付加反応を副反応として考慮する必要がある。錯生成に関与しないすべての EDTA 化学種濃度を $[\text{EDTA}]$ 、pH 6.00 における Y^{4-} のプロトン付加を考慮した副反応係数を α としたとき、 $[\text{Y}^{4-}]$ を $[\text{EDTA}]$ と α を用いて表せ。

(4) この電池の起電力を測定したところ、0.662 V であった。 α の値を 2.3×10^{-5} としたとき、 K の値を求めよ。ただし、 K の値は十分に大きく、溶液中の Hg^{2+} はすべて HgY^{2-} として存在しているとして取り扱ってよい。

[5] 生物を介した物質の循環に関する以下の問 1 ～問 5 に答えよ。

問 1 陸上植物の成長には水と光だけではなく、その他の物質も必要である。植物の 3 大栄養素とは何かを答え、陸上植物がそれぞれの物質を必要量得にくい理由についてそれぞれ述べよ。

問 2 不足する物質を得るために植物は細菌類や菌類との共生をおこなっている。その例となるマメ科植物と根粒菌との共生について、その共生の仕組みと両者の生物にとっての利点を述べよ。

問 3 炭素は光合成によって植物に取り入れられる。C4 植物は温暖で乾燥した環境に適しており、C3 植物で行われる光合成とは異なる代謝経路を利用している。温暖で乾燥した環境に C3 植物が適さない理由とともに、C4 植物と C3 植物の違いを説明せよ。

問 4 陸上生態系における炭素と窒素の循環について (1) , (2) に答えよ。

(1) 図は炭素の循環を模式的に表したものである。図中のア～エに当てはまる最も適した語を以下の語群から選んで答えよ。

(2) 図を参考にして、陸上生態系における窒素の循環を模式的に表せ。その際、以下の語群に含まれる語をすべて用いること。

語群：

生産者、消費者、分解者、硝化細菌、窒素固定細菌、脱窒素細菌、

枯死体および排泄物、 N_2 、 NH_4^+ 、 NO_3^-

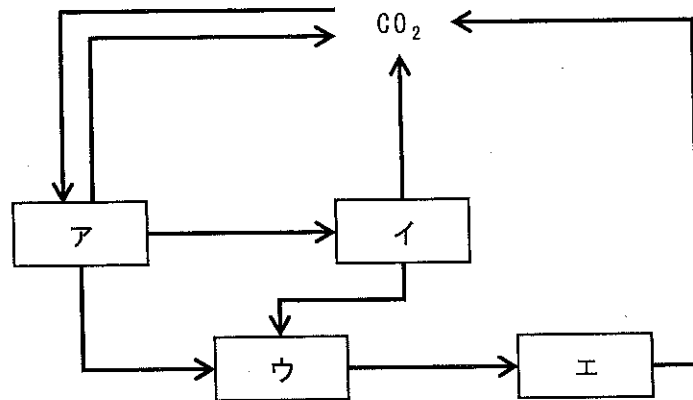


図 陸上生態系における炭素の循環

問5 物質は生態系内を循環することができるが、エネルギーは生態系内を循環しない。
生態系内におけるエネルギーの流れを述べて、エネルギーが循環しない理由を説明せよ。

[6] 遺伝子の発現に関する以下の文章を読んで、問1～問6に答えよ。

遺伝子の発現は、DNA のもつ遺伝子情報が RNA に転写され、アミノ酸に（ア）されるというプロセスを経る。このプロセスは全生物に共通であるため（イ）と呼ばれるが、原核生物のような（ウ）をもたない生物と真核生物では遺伝子の構造や発現プロセスにいくつかの違いが存在することが知られている。オペロンと呼ばれる遺伝子群も原核生物に特徴的なものである。オペロンのうちでも有名な大腸菌のラクトースオペロンは、優先的に利用する糖である（エ）が培地中になく、ラクトースのみがある場合に発現する遺伝子群である。ラクトース非存在下では細胞あたり1～2分子とも言われるβ-ガラクトシダーゼが、ラクトースの培地への添加にともなう転写レベルの変化により、急激に増加する。転写レベルの変化は、CAP と呼ばれるタンパク質と、リプレッサーと呼ばれるタンパク質、および DNA 上のそれら結合領域によって調節されている。CAP は DNA への結合に（オ）を必要とするが、（エ）存在下では、細胞内の（オ）濃度が十分ではないため、CAP は DNA への結合ができず、ラクトースの有無に関わらず転写活性が抑えられる。ラクトースの非存在下ではリプレッサーが（カ）領域に結合するため、（キ）が（カ）近傍のプロモーター領域に結合できず、オペロンの転写が抑制される。ラクトースが存在する場合、リプレッサーは（ク）との結合により構造変化を起こして、（カ）領域に結合できなくなる。プロモーターや（カ）領域は、β-ガラクトシダーゼの発現を制御するばかりでなく、β-ガラクトシダーゼの下流に存在するパーミアーゼやトランスアセチラーゼという2つの酵素遺伝子の発現も同時に制御し、一つの mRNA として転写させる。

問1 文中の（ア）～（ク）に入る適切な語句を、以下の語群から選んで答えよ。

語群：

セントラルドグマ、核、細胞膜、オペレーター、シーケンサー、全能性、
RNA ポリメラーゼ、プライマーゼ、リボース、アロラクトース、グルコース、
cAMP、ATP、GTP、翻訳、組換え

問2 下線部に関して、原核生物では行なわれないが、真核生物では普遍的に行なわれ

ている転写産物の成熟過程の一つであり、遺伝子発現の多様性を生み出す場合もある過程はなんと呼ばれているか、答えよ。

問3 一般的にオペロンとは、どのような特徴をもつ遺伝子群であるといえるか、30字以内で説明せよ。

問4 リプレッサーおよび CAP のような転写調節因子を総称してなんと呼ぶか、また、リプレッサーの結合領域およびプロモーターのような領域をなんと呼ぶか、それぞれ答えよ。

問5 国際生化学分子生物学機構はヌクレオチド塩基の略号として、表1に示すような曖昧な指定を含む単一文字を与えている。

表1 曖昧な指定を含むヌクレオチド塩基の略号

表記	ヌクレオチド塩基	表記	ヌクレオチド塩基
R	プリン	B	A 以外
Y	ピリミジン	D	C 以外
M	A あるいは C	H	G 以外
W	A あるいは T	V	T 以外
S	C あるいは G	N	A, G, C, T のいずれか
K	G あるいは T		

下に示したのは、ある DNA 鎖の片方の塩基配列を曖昧記号を含み表したものである。2本のヌクレオチド鎖間に標準的なワトソン-クリック対合を想定し、標準的な曖昧記号から適当な記号を選んでこの DNA 鎖の相補鎖の塩基配列を示せ。

5'-ACGTRTYMWSKBDHVN-3'

問6 ある遺伝子のアミノ酸をコードする領域の非鋳型 DNA 鎖 (センス鎖) の一部とこの領域でコードされるポリペプチドのアミノ酸配列を下に示す。この領域の4つのフレームシフト突然変異 -A, +A, -G, +G が分離され, さらにそれらの組換えにより二重変異体を得た。なお, 「-A」は A の欠失, 「+A」は A の重複, 「-G」は G の欠失, 「+G」は G の重複である。4つの変異体 (a ~ d) がすべて機能喪失型であるのに対し, 二重変異体 (e, f) の一つは機能が回復した。表2に示す遺伝暗号表を参考にして, 以下の変異体 a ~ f がコードするポリペプチドのアミノ酸配列を示し, 二重変異体的一方だけが機能を回復した理由を説明せよ。

a. -A b. +A c. -G d. +G e. +A かつ -G f. -A かつ +G

5'--- GCT ACA AAA ATG ACT GGC ACT GCA ---3'

N末--- Ala Thr Lys Met Thr Gly Thr Ala ---C末

表2 遺伝暗号表

		コドンの第2ヌクレオチド									
		U		C		A		G			
コドンの第1ヌクレオチド	U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U	コドンの第3ヌクレオチド
		UUC		UCC		UAC		UGC		C	
		UUA	Leu	UCA		UAA	Stop	UGA	Stop	A	
		UUG		UCG		UAG		UGG	Trp	G	
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U	
		CUC		CCC		CAC		CGC		C	
		CUA		CCA		CAA	Gln	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG		CGG		G	
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U	
		AUC		ACC		AAC		AGC		C	
		AUA		ACA		AAA	Lys	AGA	A		
		AUG	ACG	AAG		AGG		Arg	G		
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U	
		GUC		GCC		GAC		GGC		C	
		GUA		GCA		GAA	Glu	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG		GGG		G	

[7] 以下の問1, 問2に答えよ。

問1 次の(1)～(5)に答えよ。

- (1) 地表付近の低気圧の上空では上昇流, 地表付近の高気圧の上空では下降流がおきやすい理由を説明せよ。
- (2) オゾン層が破壊される過程を「成層圏」, 「フロンガス」, 「紫外線」, 「塩素」, 「酸素」のキーワードを全て用いて説明せよ。
- (3) 大気場の安定性の違い(安定, 中立, 不安定)について, 空気塊を乾燥断熱的に上昇させた場合の例で説明せよ。
- (4) 中緯度で偏西風が吹く理由を「緯度」, 「気温」, 「気圧」のキーワードを全て用いて説明せよ。
- (5) フェーン現象が起こるメカニズムを「乾燥断熱」, 「湿潤断熱」, 「気温減率」, 「降水」のキーワードを全て用いて説明せよ。

問2 北半球の中緯度において, 以下の図のように東西方向に並んでいる高気圧と低気圧は全体として西進する性質があり, このような特性を持った波動をロスビー波と呼ぶ。ロスビー波が西進するメカニズムを絶対渦度(惑星渦度と相対渦度の和)の保存によって説明せよ。渦度は反時計回りの方向を正として説明せよ。図中の矢印は空気の流れを示す。

