

2025 年度 4 月入学

愛媛大学大学院理工学研究科 博士前期課程

理工学専攻 自然科学基盤プログラム

地球科学分野

入学試験問題

解答時間 9 : 00 – 12 : 00

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子（8 問）の中から 4 問を選択して解答しなさい。
3. 決められた番号の解答用紙に解答し、4 枚を提出のこと。
4. 提出するすべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。

1 以下の問いに答えよ。

問 1. 地質学に関連する以下の語句を説明せよ。必要であれば図を用いても良い。

(1) 化学的風化作用 (chemical weathering)

(2) 球形度 (sphericity)

(3) 傾斜不整合 (angular unconformity)

(4) 火炎構造 (flame structure)

(5) アンティデューン (antidunes)

問 2. 単層内部で上方へ粒度が徐々に変化することを級化という。

(1) タービダイトにはしばしば正級化が見られることが知られている。混濁流からの堆積時に正級化が形成される過程を説明せよ。

(2) 地層の上下判定に級化が利用されることがある。級化だけを根拠に上下判定をすることの是非を議論せよ。

問 3. 岩相層序単元の境界が他の層序単元の境界と一致するとは限らない。このことを他の層序の例を挙げて説明せよ。

2

地質古生物学に関する以下の問1～問3に答えよ。

問1. 以下の8つの化石生物を、地質年代の古い順に並べよ。解答は番号で記せ。

- | | | |
|------------------------|--------------------------------------|-------------|
| 1. 貨幣石 | 2. アンモナイト亜目 | 3. フズリナ目 |
| 4. <i>Homo erectus</i> | 5. <i>Australopithecus afarensis</i> | 6. アノマロカリス科 |
| 7. <i>Desmostylus</i> | 8. ディッキンソニア(<i>Dickinsonia</i>) | |

問2. 次の文章を読んで、以下の問い(1)～(2)に答えよ。

現在の地球の大気は、主成分が(ア)と(イ)であり、その割合は約4:(ウ)である。しかし、地球が誕生した頃の原始地球では、大気の主成分は現在とは違っていた。地球が誕生して間もない頃の大気(一次の原始大気)は、主成分が(エ)と(オ)であったと考えられている。その後、マグマオーシャンから脱ガスが起こり、(ア)と(カ)と(キ)を主成分とする二次の原始大気できた。それから、地球が冷えてくるとともに、(キ)が雨として地上に降り注いで海となっていく。さらにその後、藍藻類(シアノバクテリア)が大繁栄して(ク)をおこない、大気中の(カ)を消費して(イ)を大気中に放出した。この藍藻類の活動によって作られた構造物を(ケ)といい、先カンブリア時代の歴史を調べる上で重要なものである。地球の大気中および海水中に(イ)が多く存在するようになると、約6億年前には(コ)とよばれる謎の多い多細胞生物群が当時の浅海に繁栄した(ただし、一部は陸上生物であったとする意見もある)。

(1) 文章中のア～コに適切な語句を入れよ。ただし、ウには自然数を入れよ。

(2) 藍藻類(シアノバクテリア)は浅海で繁栄したということであるが、なぜ深い海ではなくて浅い海で繁栄したのか、説明せよ。

(2)は次ページへ続く)

問3. 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(2)に答えよ.

互いに近縁な4種の陸棲化石生物A, B, C, Dがある. これら4種の共通祖先はXである. これらの化石生物の産出した時代は、図1のようになっている. A, B, C, DおよびXの間の系統関係については、図2にあるように(ア)および(イ)の2つの説がある. また、A, B, C, Dの化石が産出した地理的分布は、図3のようになっている. Xの化石産地は不明である. 図3の地域は、これらの化石生物が生息していた当ても、それらが堆積作用によって地層中に埋没して化石となってその地層が地上に露出した現在も、地理的位置関係はほとんど変化していないものとする.

(1) CとDとの共通祖先が存在していたと推定される時代とその期間の長さ、および、Aの分岐の時代と「CとDとの共通祖先」の分岐の時代との時間関係について、系統関係が(ア)の説と(イ)の説(図2)とでどのような違いがあると考えられるか述べよ. 必要なら、説明に図1にある時代番号(①~⑭)や解答用紙にある図を用いて説明してもよいし、別の図を描いてもよい. ただし、種分化は、図1にある時代番号の境界(横向きの破線)でのみ起こるものとする.

(2) 図3において、祖先種Xの地理的位置と、XからのA, B, C, Dの地理的拡散経路について考える. 系統関係が(ア)の説と(イ)の説とで、それぞれ、Xの分布地点としては図3の中でどのあたりと考えるのが最も妥当か解答用紙の地図上に示し、そして、A, B, C, Dはどのように地理的に拡散していったと考えられるのかを、理由とともに述べよ. ただし、最も単純な場合を考えるものとし、複雑な拡散経路はなかったものとする. 必要なら、解答用紙の地図上に説明を書き加えてもよいし、別の図を描いて説明してもよい. 拡散の方向については、東西南北のどの方向に向かっていくのか、という観点を入れること.

(2)は次ページへ続く)

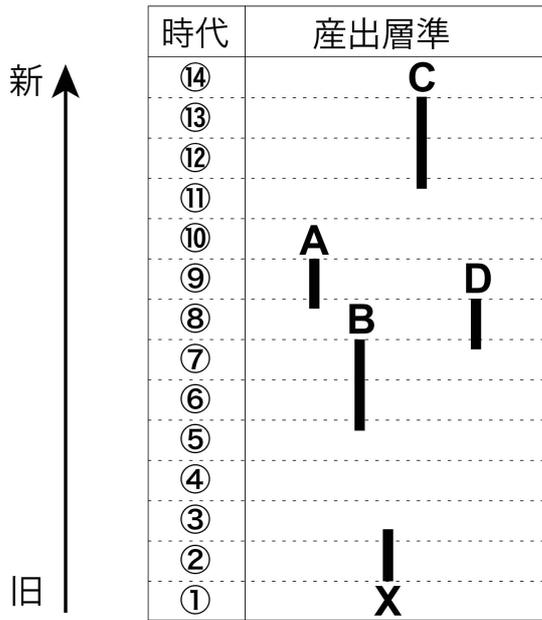


図 1. 化石の産出した時代 (縦の太線).

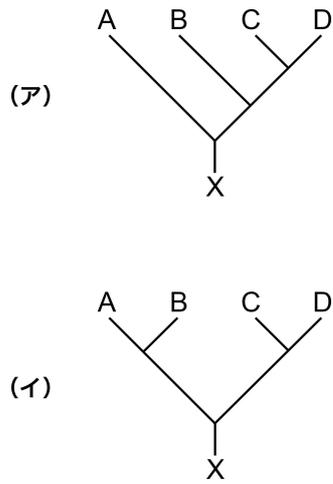


図 2. 系統関係.

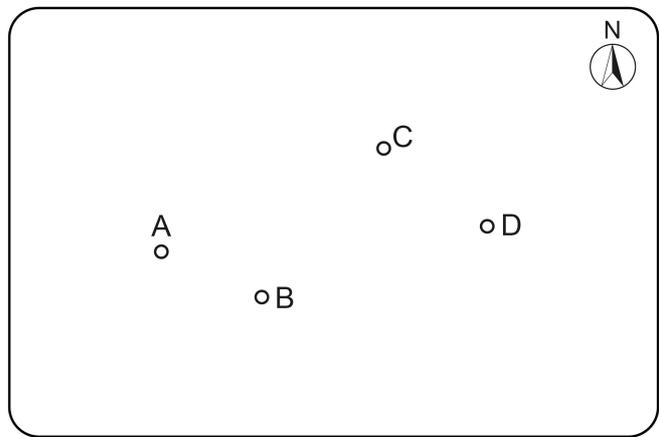


図 3. 地理的分布.

(2)は以上で終わり)

3 次の文章を読み，下記の問いに答えよ。

① 蛇紋岩はかんらん岩などの超苦鉄質岩が水と反応することで形成される，主に蛇紋石 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ からなる岩石である。蛇紋岩などの超苦鉄質岩が地表近くで [ア] したのちに土壤中などに [イ] が濃集することがある。このような成因の鉱床を一般に [ウ] と呼ぶ。

蛇紋石はフィロケイ酸塩鉱物に分類され，その結晶構造は② 四面体シートと八面体シートが 1:1 の比率となり，八面体シートは 3 八面体型の構造となる。蛇紋石について③ 粉末 X 線回折実験を行うと，7.3 Å 程度の 001 反射が顕著に確認できる。しかしながら，④ 14 Å 程度の底面間隔を持つ緑泥石グループの鉱物と混合している可能性がある試料の場合には得られた回折パターンを注意深く読み取る必要がある。

問 1 [ア] から [ウ] に入る適切な語句を次の中から選択し，記号で答えよ。
(a) 銀, (b) マンガン, (c) ニッケル, (d) 風化, (e) 級化, (f) 分化, (g) 熱水変質鉱床, (h) 風化残留鉱床, (i) 級化変質土壌

問 2 下線部①について，かんらん石をもとに蛇紋石が形成される反応式を示せ。

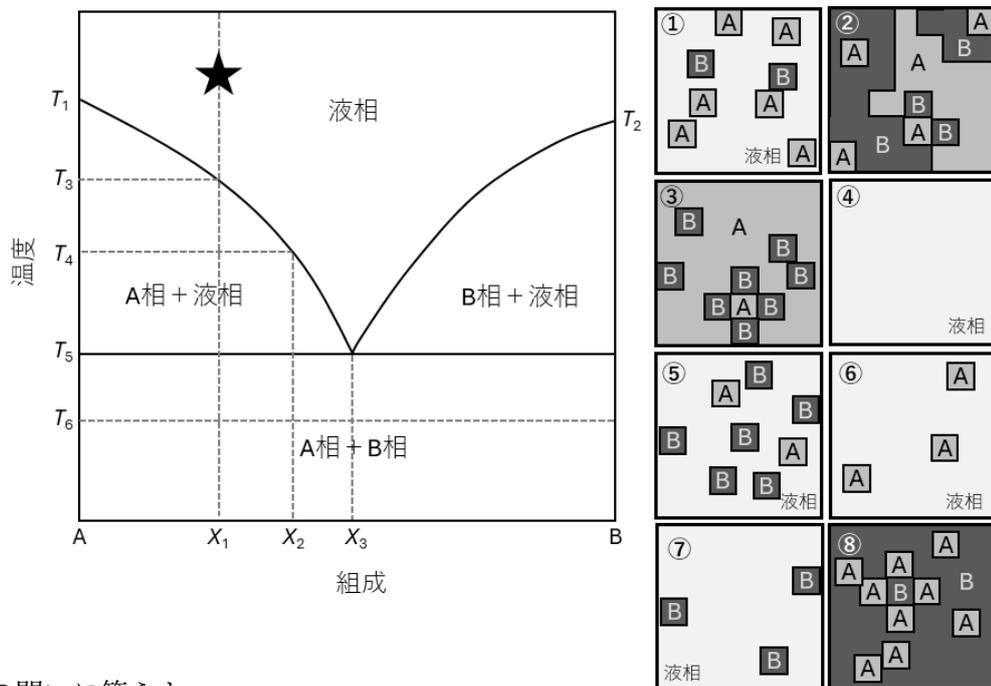
問 3 下線部②に関連して，蛇紋石以外で四面体シートと八面体シートが 1:1 型となるフィロケイ酸塩鉱物の鉱物種名を 1 つ挙げ，その化学組成式を示せ。鉱物種名は和名でも英名でもかまわない。

問 4 下線部③に関連して，ブラッグの回折条件について簡潔に説明せよ。必要であれば図を用いてもかまわない。

問 5 下線部④について，その理由を簡潔に説明せよ。

問 1 変成岩は原岩や変成条件の違いを反映し、多様な鉱物組み合わせを示す。「緑色片岩」、「青色片岩」、「紅簾石片岩」の原岩や変成条件の違いを説明せよ。また、原岩が異なるとなぜ形成される鉱物が増えるのか上記の変成岩を例に挙げて説明せよ。

問 2 マグマは固結する際に同時に全てが結晶化するのではなく、温度の低下に伴い形成される鉱物種や液相の組成が変化していく。以下の図は左側が固溶体を作らない固相 A と固相 B の 2 成分共融系の相図であり、右側の①～⑧が様々な組成のマグマの冷却過程における異なる温度での固相 A、固相 B、液相の共存関係を示した模式図である。



以下の問いに答えよ。

- (1) 左側の図において、液相の領域と A 相 + 液相や B 相 + 液相の領域との境界を示す曲線の名称を答えよ。また、何を示す線かを簡潔に説明せよ。
- (2) 星印の組成の液相が冷却した場合において各温度(T_1 , T_4 , T_5 , T_6)の状態を示す模式図として最も適切な図を①～⑧から選べ。また最も低い温度で見られる液相の組成を A, X_1 , X_2 , X_3 , B より選べ。
- (3) マグマの冷却過程で結晶が取り除かれた場合、マグマ全体の組成が変化する。この作用を何と呼ぶか答えよ。またこの作用が最も進んだマグマから形成される火成岩の名前をひとつ答えよ。

5 以下の問いに答えよ。

- 問1 地震波の S 波が媒質中を伝播する際に、2つの波に分裂(splitting)をすることがある。この S 波の分裂という現象について詳しく説明せよ。説明には、この分裂を起こす媒質の特徴と、分裂した2つの波の性質を含めること。
- 問2 分裂した2つの S 波の到達時間の差(走時差)を Δt とし、分裂を起こす媒質中における2つの S 波の速度をそれぞれ V_{S1} , V_{S2} 、S 波経路上のこの媒質の長さを L とする。このとき走時差 Δt を、 V_{S1} と V_{S2} 、 L を用いて式で表せ。なお、分裂を起こす媒質中では、2つの S 波の速度はそれぞれ一定であると見なしてよい。
- 問3 $V_{S1} = 4.5 \text{ km/s}$ 、 $V_{S2} = 5.0 \text{ km/s}$ 、 $L = 270 \text{ km}$ のときの走時差 Δt を、計算して求めよ。
- 問4 地球マントルにおける S 波の分裂は、マントル物質の変形に関連づけられることが多い。どのように関連していると考えられるか詳しく説明せよ。
- 問5 地球マントルには、特に底部(核マントル境界から上の最大 1000 km 程度)などにおいて、S 波速度が周囲の通常の領域よりも低い場所(S 波低速度領域)が存在する。マントルのある領域において S 波速度が低い理由として、どのようなことが考えられるか、考えられる理由をできるだけ多く述べよ。

6 地球の重力などに関して、以下の問いに答えよ。ただし特に断りのない限り、地球は質量 M かつ半径 R の完全な球であると仮定し、円周率 $\pi = 3.14$ とする。また解答には計算の途中経過を示すとともに、全ての数値には適切な単位を付し、かつ有効数字 2 桁で答えること。

問 1: 地球を一周するとほぼ 40000 km である。地球の半径 R を計算により求めよ。

問 2: 地球が自転していないものと仮定して、以下の問いに答えよ。

- (1) 地球の中心から r の距離 (ただし $r \geq R$ とする) に置かれた質量 m の物体が地球から受ける引力 F は、万有引力定数を G として

$$F(r) = G \frac{Mm}{r^2}$$

で与えられる。地球の表面 ($r = R$) における重力加速度 g を G 、 M 、 m 、 R から必要なものを選んで表わせ。

- (2) 地球の表面から ΔR だけ外側に離れた点における重力加速度の値 g' を考える (ただし $\Delta R \ll R$ とする)。 g' は地球の表面での値 g と比べてどれだけ小さくなるか。その差 $\Delta g \equiv g - g'$ を g 、 R 、 ΔR を用いて表わせ。ただし必要があれば、 $|\epsilon| \ll 1$ であるときに $(1 + \epsilon)^n \approx 1 + n\epsilon$ という近似式を用いよ。
- (3) 地球の表面での重力加速度を $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とし、前問で $\Delta R = 1.0 \text{ m}$ としたときの Δg の値を計算で求めよ。

問 3: 地球が一定の角速度 Ω で自転しているものとして、以下の問いに答えよ。ただし「半径 r の円周上を角速度 ω (あるいは速度 $v = r\omega$) で等速円運動する質量 m の物体にはたらく向心力 (および遠心力) による加速度の大きさは $r\omega^2$ である」ことをヒントとして用いてよい。

- (1) 地球が 1 日 (= 24 時間) で自転するとして、地球の自転の角速度 Ω を計算により求めよ。ただし解答には s^{-1} (1 秒あたり何ラジアン回転するか) の単位を用いること。
- (2) 赤道 (緯度 0°) に置かれた物体にはたらく、地球の自転の遠心力による加速度の大きさ h を g 、 G 、 M 、 R 、 Ω から必要なものを選んで表わせ。
- (3) 極 (緯度 90°) に置かれた物体にはたらく、地球の自転の遠心力による加速度の大きさ h' を、前問と同様に表わせ。
- (4) 赤道での遠心力による加速度の大きさ h は、地球の表面における重力加速度 g と比べてどの程度の大きさになるか。前問までの結果を用いて、 h/g

の値を計算により求めよ。

問 4: 地球の重力は、地球の質量による万有引力と、地球の自転による遠心力の合力で表わされ、その値は緯度によって異なる。地球楕円体が与える正規重力の値が赤道で γ_e 、極で γ_p であるとしたとき、極と赤道での正規重力の変化率 $|\gamma_p - \gamma_e|/\gamma_e$ の値は、前問 (4) の h/g から予想される値と比べて大きいか小さいか。理由とともに答えよ。

7

次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

問1 下記の文章で（ア）から（キ）に入る適切な語句を答えよ。

地球表面の（ア）割は海であり、液体の水があることが地球の一つの特徴である。水が液体で存在しなければ、生命が地球に誕生することはなかっただろうし、我々人類も存在することはなかっただろう。温室効果は、地球に海が液体の水として存在する温度を維持する上で重要な役割を果たしている。もしも、地球に温室効果ガスがなければ、現在の太陽から得られる放射エネルギーでは地球表面の温度は（イ）℃になる。現在の全球平均表面気温が14℃なので、この差が温室効果によってもたらされた効果ということになる。温室効果ガスの濃度は惑星の表面温度を決定し、適度な濃度が地球を液体の水が存在するような温室に保っている。そもそも、温室効果は、どのようなメカニズムで地球を暖めているのだろうか。太陽からの（ウ）が地球表面を暖め、暖められた地球表面から放射される（エ）として熱を（オ）が吸収し、再び（エ）として熱を地球表面に戻すことで地表付近に留め、その温度を一定に保っているのである。温室効果は単位面積あたりの放射エネルギーで表され、単位は（カ）である。

①現在（2024年）の大気中二酸化炭素の濃度は、過去約270万年間の（キ）という地質時代の変動の上限を上回り、300～330万年前の鮮新世という時代の値に達した。21世紀末には、2020年のCOP26で国際的に合意された温室効果ガスの排出量削減目標を達成しても、現在よりも温暖で、北半球に氷床がなかった②鮮新世の全球平均気温に相当する温度まで上昇すると言われている。

問2 下線部①に該当する濃度について、つぎの(1)から(5)の選択肢の中から一つ選べ。

(1) 200-300 ppm、(2) 300-400 ppm、(3) 400-500 ppm、(4) 500-600 ppm、(5) 700-800 ppm

問3 下線部②について、現在（産業革命前）から、何度の温度上昇に相当するか。その値が入る範囲について、つぎの(1)から(5)の選択肢の中から一つ選べ。

(1) 0-2℃、(2) 2-4℃、(3) 4-6℃、(4) 6-8℃、(5) 8-10℃

問4 下記の文章で（ア）から（ケ）に入る適切な語句を答えよ。

第四紀における地球の氷期-間氷期サイクルは、なぜ、どんなメカニズムで起こるのだろうか。地球の軌道要素には、（ア）年、4万年、（イ）年の周期で変化する（ウ）、地軸の傾き、（エ）がある。これらの要素の周期的変化は、地球表面の季節的な日射量を変え、氷期-間氷期サイクルを引き起こす。こうした日射量変動を駆動する地球軌道要素の周期を（オ）という。（オ）に起因する（カ）の夏の日射量変動が北半球氷床の拡大縮小を促した。全球の（キ）は（オ）では変化しないので、地球の氷期-間氷期サイクルを生じさせた原因には、北半球のわずかな日射量変動に起因する温度変化を増幅し、全球へと伝達するメカニズムが関わっている。そのメカニズムは、（ク）とそれに呼応した海洋の炭素リザーバーに送り込む海の機能の変化に伴う（ケ）の変化であると考えられる。

問5 小氷期をもたらした自然要因をあげ、そのうち、北半球の気温低下に及ぼす影響が大きかった二つの要因は何かを説明せよ。また、20世紀の気温上昇の原因はどのように説明できるかについて述べよ。

8

以下の問いに答えよ。

問1 図1は地球の水の存在量とフラックスを示している。この図の値から海と陸におけるそれぞれの水の平均滞留時間を求め、有効数字4桁で答えなさい。

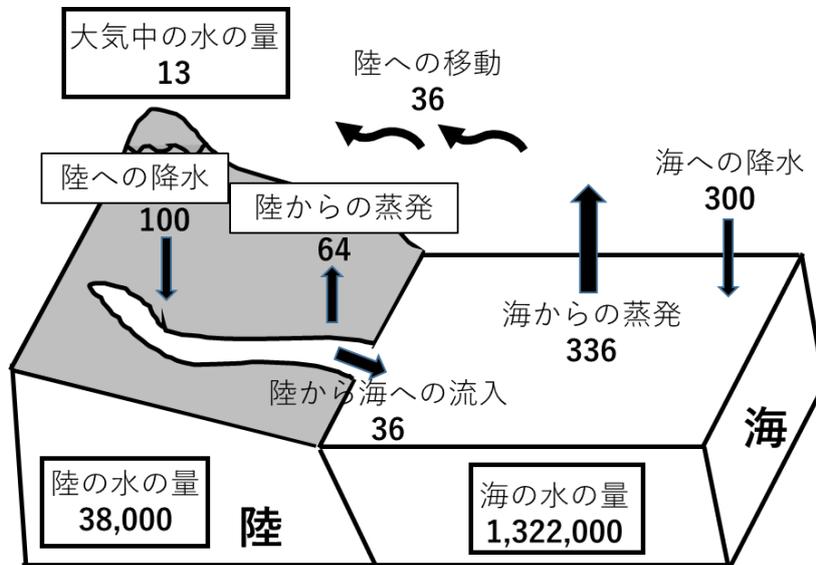


図1. 地球の水の存在量(四角で囲ったもの)とフラックス(矢印)。
存在量の単位は 10^{15} kg、フラックスの単位は 10^{15} kg/year。

問2 海洋においては、力学的な海面の高さ(海面力学高度)の空間分布が分かると、地衡流を仮定することにより海流の表層流速分布を求めることができる。以下では、海面力学高度の分布から海面流速を計算する方法について考える。文章中の(ア)~(エ)に入る適切な数字または数式を答えよ。なお、(ア)と(エ)は有効数字3桁で答えよ。また、計算過程、数式の導出過程も解答用紙に示すこと。

黒潮が四国沖の北緯30度を西から東へ流れていると仮定する。

原点を平均海面とした右手系の直交座標を考え、 x, y を水平にとりそれぞれ東、北を正とし、 z を鉛直上向きとする。黒潮の表層流速を U 、海水の密度を一定値 ρ 、圧力を P とすると、地衡流平衡である黒潮の y 方向の力学バランスは以下の(1)式となる。

$$fU = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \quad (1)$$

ここで f はコリオリパラメータであり、円周率を3.14、地球の自転周期 T を24時間とした場合、北緯30度では $f = \boxed{\text{ア}}$ s^{-1} となる。

また、海中の圧力は静水圧であるとする以下の関係が成り立つ。ここで g は重力加速度 9.8 m/s^2 。

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\rho g \quad (2)$$

海面(大気と海洋の境界) $z = \eta$ における大気圧を場所によらず一定値 P_a とすると、(2) 式を水深 z から海面まで鉛直積分して得られる水深 z における圧力 P の計算式は、

$$P = \boxed{\quad (イ) \quad} \quad (3)$$

となる。(3) 式の圧力 P を(1)式に代入すると、黒潮の流速 U と海面力学高度 η の傾きの関係式が得られる。

$$U = \boxed{\quad (ウ) \quad} \quad (4)$$

ここで、黒潮の南北方向の幅を 100 km、黒潮南端の海面力学高度は黒潮北端のそれより 0.8 m 高いとすると、黒潮の表層流速 U は(4) 式より $\boxed{\quad (エ) \quad}$ m/s となる。