



# 第 17 回日本地学オリンピック本選 (第 18 回国際地学オリンピック国内三次選抜)

## 地質分野問題

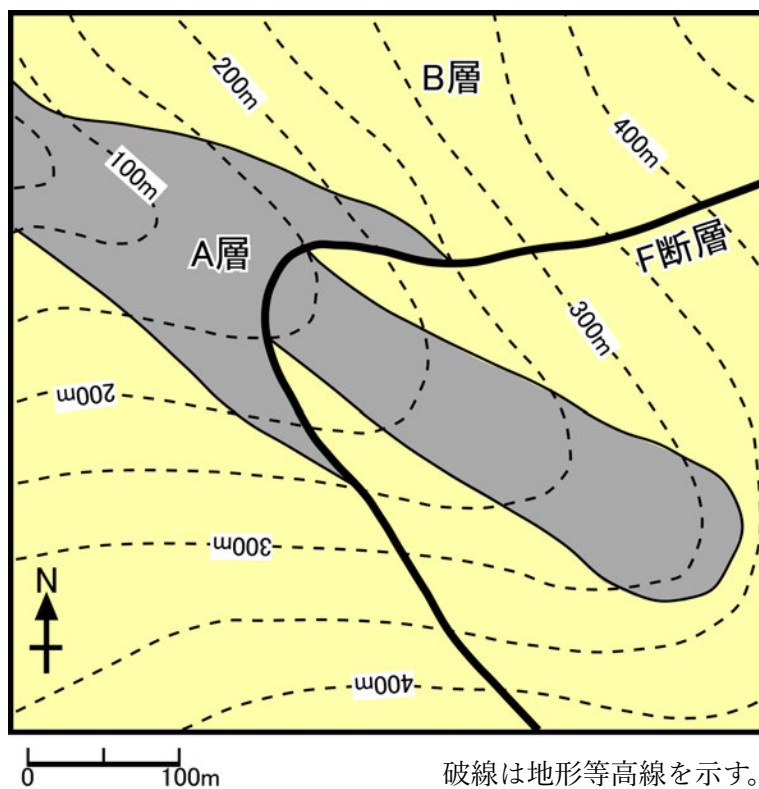
- ◆ 試験開始の合図があるまではこの冊子は開かないでください。
- ◆ 試験開始前に問題冊子と解答用紙に氏名および受験番号を記入してください。
- ◆ 解答はすべて解答用紙に記入してください。
- ◆ 問題冊子の余白等は適宜利用してください。
- ◆ 解答時間は 地質・固体地球・海洋・気象・天文・鑑定試験を合わせて 3 時間です。どの順で解き始めても構いません。
- ◆ 試験時間途中に、別室で鑑定試験があります(岩石 5 分、鉱物 5 分、化石 5 分)。受験番号を呼ばれたら、他の受験生の迷惑にならないよう、静かに一時退室してください。その際、問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験時間中にトイレに行きたい受験生は、試験監督に申し出てください。その際も問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験終了の合図とともに筆記用具をおいてください。
- ◆ 解答用紙は試験監督が回収します。
- ◆ この問題冊子は持ち帰って構いません。
- ◆ 貸与物：電卓、定規、分度器、コンパス

番 号		氏 名	
-----	--	-----	--

以下の問1～5に答えよ。なお、問題はすべて独立している。

問1 次の地質図の範囲には、下位からA層、B層が整合・累重して分布している。また、この地域には逆断層のF断層が存在し、A層、B層を変位させている。地層境界やF断層の面は平面とし、地層の逆転はないことが判っているとする。

- ① 地質図を読み取り、F断層の水平面に対する鉛直方向の変位を答えよ。
- ② この地質図の範囲で鉛直方向にボーリングした場合、A層、B層の地層境界が2度現れる範囲を解答用紙の地質図に縦縞模様で示せ。なお、作図に使用した補助線なども消しゴムで消さないこと（採点の対象とする）。



問2 化学組成の異なるマグマがマグマだまりで混ざり、新たなマグマが生じることがある。SiO<sub>2</sub> 68.0% (体積%、以下同様)、MgO 1.0%のマグマAと、SiO<sub>2</sub> 50.0%、MgO 6.0%のマグマBとが、体積比マグマA：マグマB = 2：1で完全に混合し、マグマCが生じた。

- ① マグマCのSiO<sub>2</sub>とMgOの体積%をそれぞれ求めよ。答えは、小数点第2位を四捨五入して示せ。
- ② マグマCから形成される火山岩の名称を答えよ。

問3 ある地域では水平な圧縮力が北西—南東方向に働いている。この地域に断層 A、B、C の3つの活断層があり、断層面はそれぞれ  $N0^{\circ}E90^{\circ}$  (活断層 A)、 $N45^{\circ}E30^{\circ}NW$  (活断層 B)、 $N90^{\circ}E90^{\circ}$  (活断層 C) であった。3つの活断層は正断層・逆断層・右横ずれ断層・左横ずれ断層のいずれとなっているか。

問4 地層が逆転していないかどうかを判別するための上下判定が必要となる場合がある。地層に残された上下判定の判断材料となる構造を一つ挙げて、その構造のでき方と、その構造からどのように上下判定できるのかを説明せよ。

問5 深海底堆積物に含まれる浮遊性有孔虫殻の酸素の安定同位体  $^{18}O/^{16}O$  比を計測し、時系列でその変動をとらえ、第四紀の気候変動が把握されている。氷床の消長に伴う浮遊性有孔虫殻の酸素同位体比の推移から、気候変動の把握ができる理由を説明せよ。



# 第 17 回日本地学オリンピック本選

## (第 18 回国際地学オリンピック国内三次選抜)

### 固体地球分野問題

- ◆ 試験開始の合図があるまではこの冊子は開かないでください。
- ◆ 試験開始前に問題冊子と解答用紙に氏名および受験番号を記入してください。
- ◆ 解答はすべて解答用紙に記入してください。
- ◆ 問題冊子の余白等は適宜利用してください。
- ◆ 解答時間は 地質・固体地球・海洋・気象・天文・鑑定試験を合わせて 3 時間です。どの順で解き始めても構いません。
- ◆ 試験時間途中で、別室で鑑定試験があります(岩石 5 分、鉱物 5 分、化石 5 分)。受験番号を呼ばれたら、他の受験生の迷惑にならないよう、静かに一時退室してください。その際、問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験時間中にトイレに行きたい受験生は、試験監督に申し出てください。その際も問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験終了の合図とともに筆記用具をおいでください。
- ◆ 解答用紙は試験監督が回収します。
- ◆ この問題冊子は持ち帰って構いません。
- ◆ 貸与物：電卓、定規、分度器

番 号		氏 名	
-----	--	-----	--

問題

ある地震が発生した際、図1に示す観測点1－6において、表1に示す時刻にP波、S波が到達した。以下の設問に答えよ。回答には、コンパス・定規・分度器・電卓を使用してよい。

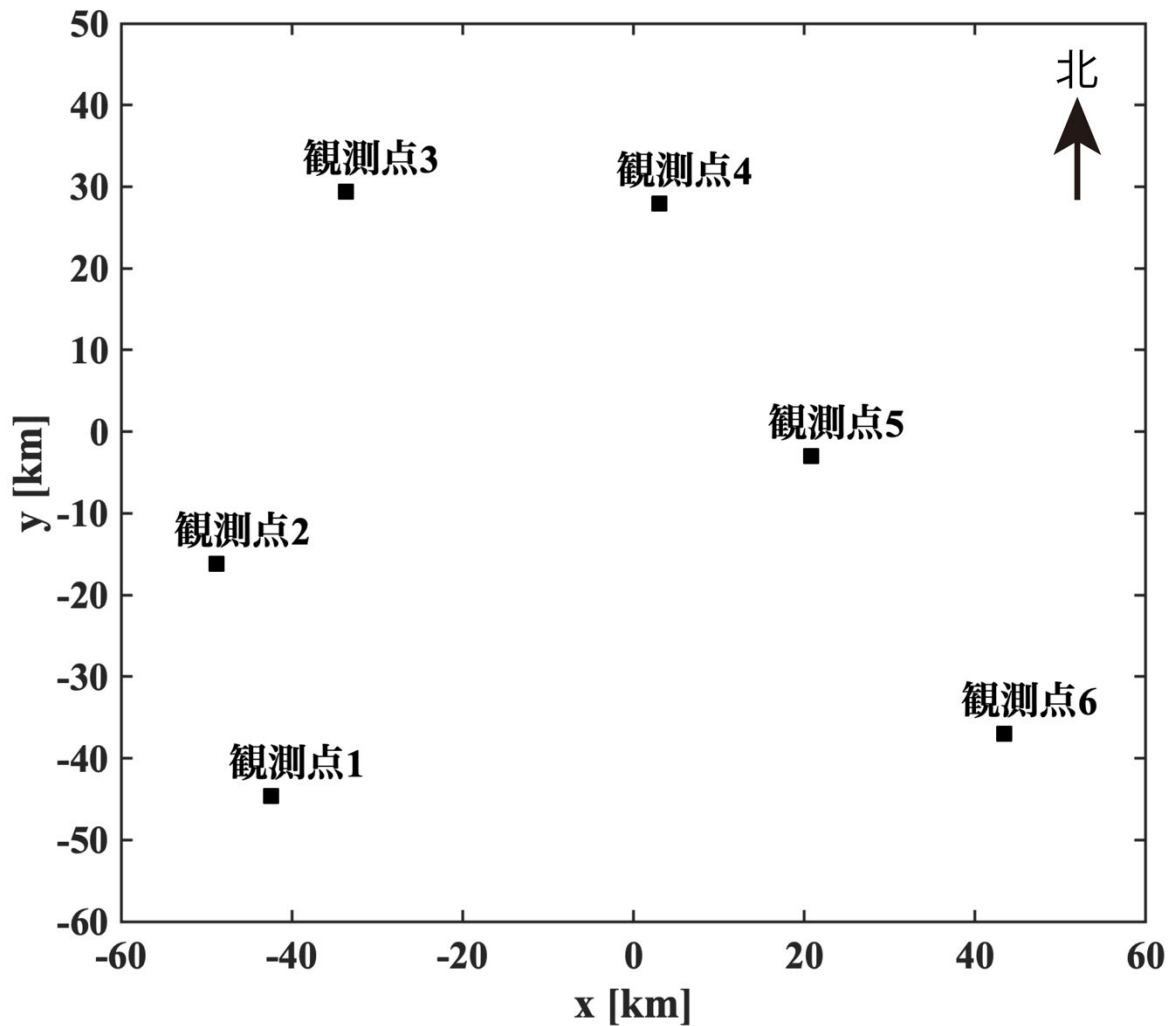


図1. 観測点配置図（平面図）

表1. 各観測点におけるP波、S波の到達時刻

	P波到達時刻[秒]	S波到達時刻 [秒]
観測点1	4.74	7.21
観測点2	5.39	8.34
観測点3	9.02	14.65
観測点4	9.19	14.94
観測点5	7.52	12.04
観測点6	9.37	15.27

- (1) 地殻の P 波速度を  $V_p$ , S 波速度を  $V_s$ , 震源と観測点の距離を  $D$  としたとき, P 波と S 波の到達時刻の差がどのように表現できるかを示せ.
- (2) 地殻の P 波速度を 8 km/s, S 波速度を 4.6 km/s と仮定して, 震源位置を作図によって求め, 座標を示せ. 震源や観測点の深さは考えないものとする.
- (3) この地震の発生時刻を推定せよ.
- (4) 各観測点で, 表 2 に示す P 波初動の押し引き分布が得られたとする. ここで, 「押し」は P 波初動が震源から観測点に向かう向きに振動したことを, 「引き」はその逆を表す. 発生した地震が鉛直横ずれ断層で生じたと仮定し, 「(ア) 走向の鉛直断層が (イ) 運動した」と考えたとき, アとイの組み合わせで最も適切なものを選び. ここで「走向」とは断層面と地表面の交線が, 北を基準に何度回転しているかを表す用語である.

表 2. P 波初動極性

P 波初動極性	
観測点 1	押し
観測点 2	押し
観測点 3	引き
観測点 4	引き
観測点 5	押し
観測点 6	押し

(ア)

1. 北から東へ  $10^\circ$  の方位をもつ, 2. 北から西へ  $10^\circ$  の方位をもつ,
3. 北から東へ  $45^\circ$  の方位をもつ, 4. 北から東へ  $70^\circ$  の方位をもつ,

(イ)

1. 右横ずれ, 2. 左横ずれ

- (5) 地震は岩盤中にある亀裂(断層)がずれ運動を起こす現象とみなすことができる. 断層運動の規模を表す指標の一つとして, 地震モーメント ( $M_0$ ) という量があり, 岩盤の性質を表す定数 ( $\mu$ ) と, 断層面積 ( $S$ ), ずれ運動の量(滑り量) ( $d$ ) の積と定義される ( $M_0 = \mu d S$ ). この値を特定の単位 (Nm) で用いて, より一般的な地震の規模の指標であるモーメント・マグニチュード  $M_w$  が,  $M_w = 2/3(\log M_0 - 9.1)$  と定義される. この式から,  $M_w$  が 1 大きくなると,  $M_0$  が何倍になるかを計算せよ. ここで  $\log A = B$  は  $10^B = A$  であることを表し,  $\log CD = \log C + \log D$  が成立する. また,  $10^{1/2} \doteq 3.16$  であるとする.

- (6) 今、断層が半径  $r$  の完全な円形とみなせると仮定し、その中心からずれ運動がはじまり、外側に一定速度  $V_r$  でずれる領域が広がるケースを考える。断層上の各点がずれ動く時間が無視できるとすると、断層の中心から外側までずれ運動が広がるのにかかる時間  $t$  は  $r/V_r$  で表され、これがこの地震の継続時間に対応するとみなせる。一方、実際の地震の観測データの解析では、地震の継続時間  $t$  と地震モーメント  $M_0$  の間には、 $M_0 \propto t^3$  の関係があることが示唆されている。これを成立させるためには、 $d$  と  $r$  の間にどのような条件が必要かを求めよ。ただし、 $V_r$  は地震の大きさによらず一定であるとみなせるとする。

(以下 余白)



# 第 17 回日本地学オリンピック本選

## (第 18 回国際地学オリンピック国内三次選抜)

### 気象分野問題

- ◆ 試験開始の合図があるまではこの冊子は開かないでください。
- ◆ 試験開始前に問題冊子と解答用紙に氏名および受験番号を記入してください。
- ◆ 解答はすべて解答用紙に記入してください。
- ◆ 問題冊子の余白等は適宜利用してください。
- ◆ 解答時間は 地質・固体地球・海洋・気象・天文・鑑定試験を合わせて 3 時間です。どの順で解き始めても構いません。
- ◆ 試験時間途中で、別室で鑑定試験があります(岩石 5 分、鉱物 5 分、化石 5 分)。受験番号を呼ばれたら、他の受験生の迷惑にならないよう、静かに一時退室してください。その際、問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験時間中にトイレに行きたい受験生は、試験監督に申し出てください。その際も問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験終了の合図とともに筆記用具をおいでください。
- ◆ 解答用紙は試験監督が回収します。
- ◆ この問題冊子は持ち帰って構いません。
- ◆ 貸与物：電卓、定規、分度器、コンパス

番 号		氏 名	
-----	--	-----	--

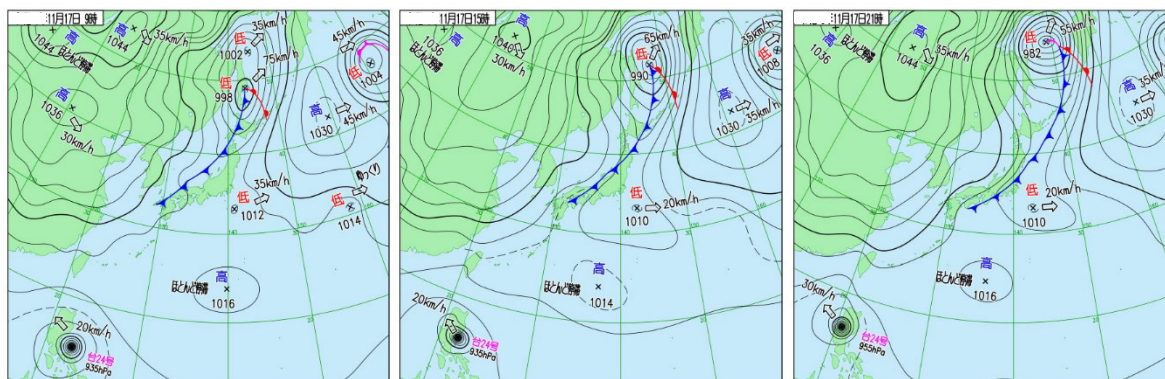


日本付近の天気の変化について以下の問1及び2に答えよ。

なお、天気図やグラフなどはすべて気象庁の資料から引用したものである。

問1 以下の6枚の天気図をもとに(1)～(4)の問いに答えなさい。

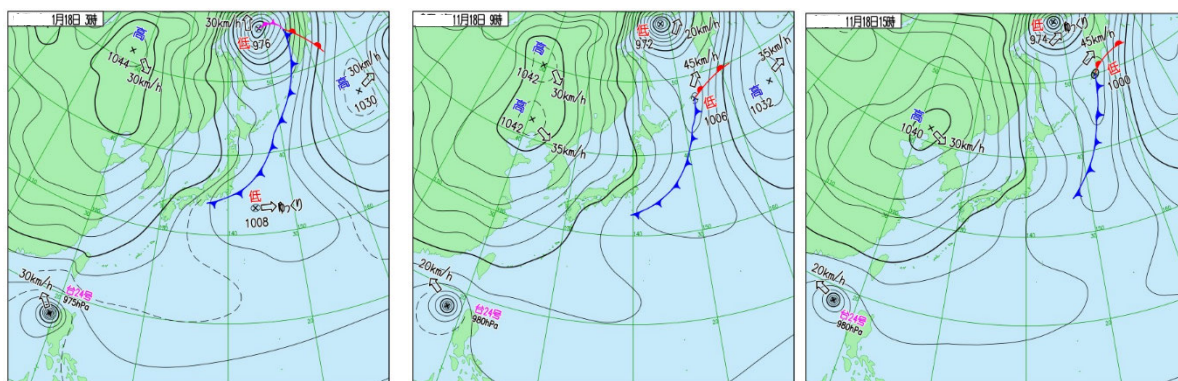
天気図には高気圧や低気圧、前線などが描かれている。以下の天気図は、ある年の11月17日9時から翌日15時までの6時間ごとの天気図である。



11月17日9時

11月17日15時

11月17日21時



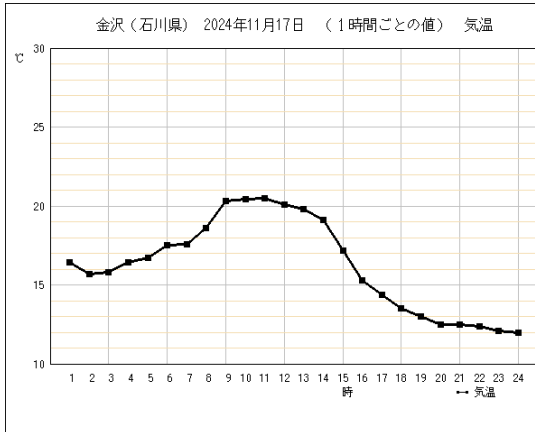
11月18日3時

11月18日9時

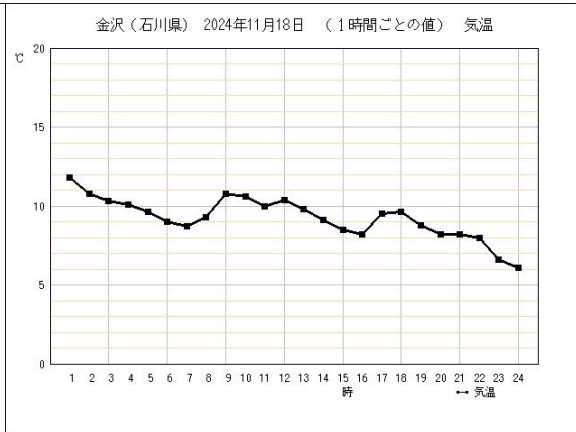
11月18日15時

- (1) この6枚の天気図に描かれている台風24号は北西方向に移動していることがわかる。台風24号は、なぜ北西方向に移動しているのか、このうち西向き成分について、この緯度における恒常風に言及して簡潔に説明しなさい。
- (2) 11月17日9時の天気図で北海道の北にある998hPaの低気圧は、18日3時には976hPaまで発達している。この低気圧のように、温帯低気圧が短時間のうちに発達するためには、どのような条件が揃う必要があるだろうか、簡潔に説明しなさい。
- (3) 台風24号は、11月17日9時の天気図では中心気圧が935hPaであるが、11月18日15時には980hPaと気圧が上昇している。その原因と考えられる理由を簡潔に説明しなさい。
- (4) この6枚の天気図に描かれている概ね北緯30度以北の気圧系（高気圧、低気圧、前線など）は全体に西から東に移動している。その理由を簡潔に説明しなさい。

問2 以下のグラフは問1の天気図に対応した11月17日～18日の金沢と東京の気象観測データをグラフ化したものである。

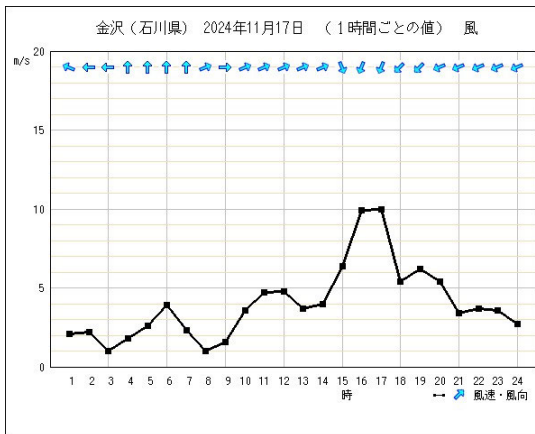


17日の金沢の気温

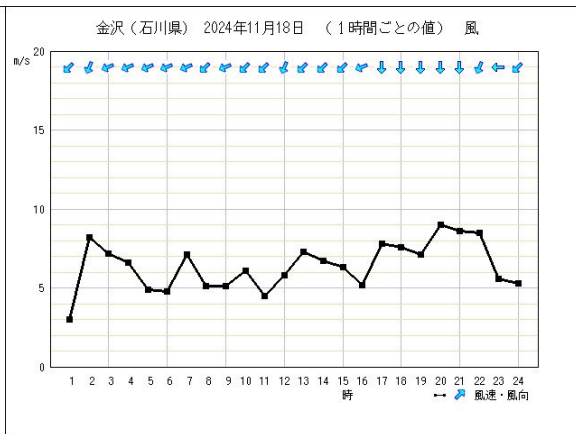


18日の金沢の気温

17日と18日でグラフの温度目盛の数值が異なる点に注意

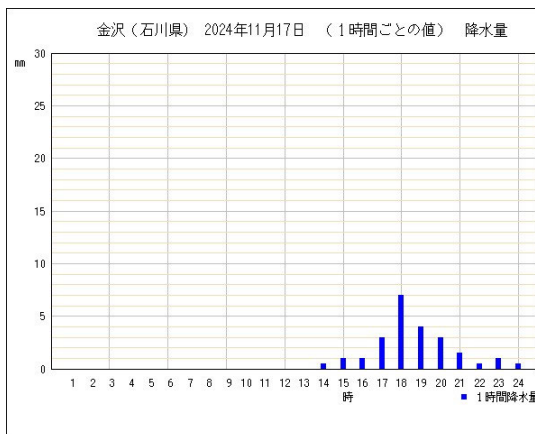


17日の金沢の風

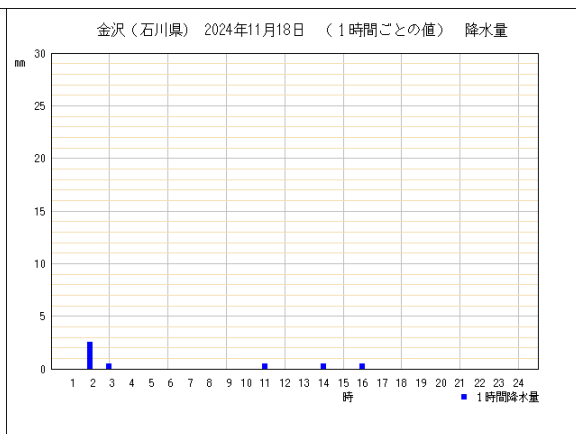


18日の金沢の風

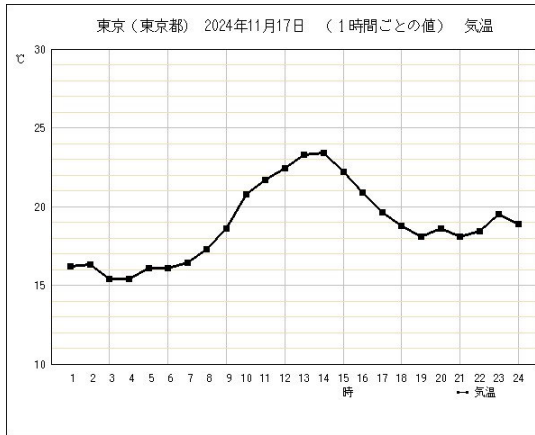
※ 風向は上部に矢印で表示、風速はグラフとして表示



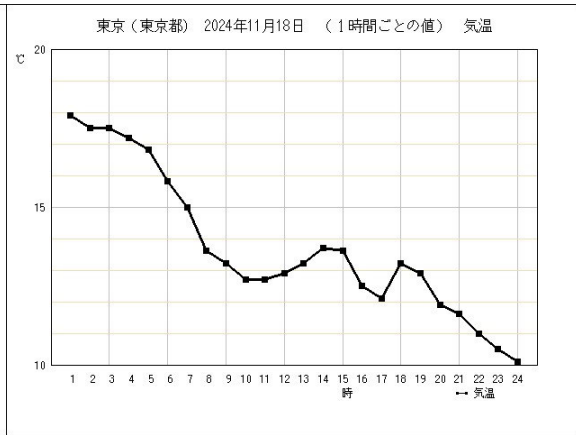
17日の金沢の降水量



18日の金沢の降水量

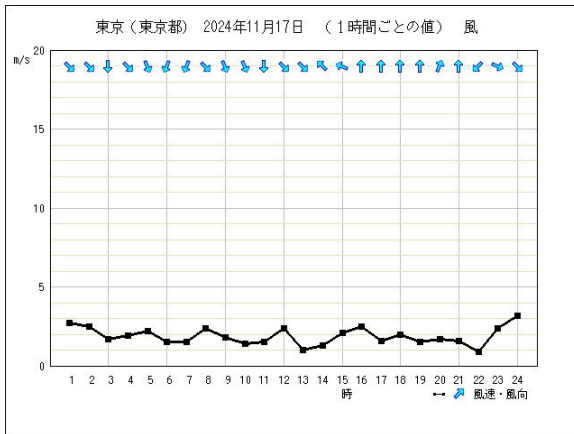


17日 東京の気温

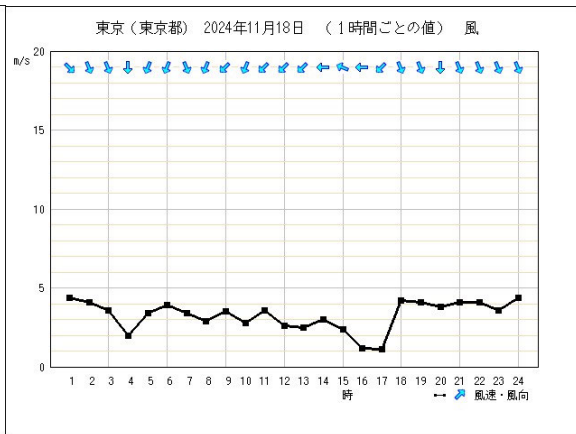


18日 東京の気温

17日と18日でグラフの温度目盛の数値が異なる点に注意



17日の東京の風



18日の東京の風

※ 風向は上部に矢印で表示、風速はグラフとして表示

- (1) 金沢において17日18時を中心とした降水はどのような雲から発生したものと考えられるか。十種雲形の中から適切な名称を1つ答え、併せて理由も記しなさい。
- (2) 金沢と東京において、前線が通過したと考えられる時刻を推定し、以下の例のように答えなさい。(例： 金沢：〇〇日1時～2時ごろ、東京：〇〇日5時～6時ごろ のように1時間単位で答えること)
- (3) 金沢において、前線が通過したと考えられる根拠を降水量以外の観測データから二つ示し、簡潔に説明しなさい。
- (4) 金沢において、18日の11時、14時、16時にそれぞれ0.5mmの降水量が観測されている。これらの降水はどのような仕組みで発生したと考えられるか。共通する降水の仕組みについて簡潔に説明しなさい。



# 第 17 回日本地学オリンピック本選

## (第 18 回国際地学オリンピック国内三次選抜)

### 海洋分野問題

- ◆ 試験開始の合図があるまではこの冊子は開かないでください。
- ◆ 試験開始前に問題冊子と解答用紙に氏名および受験番号を記入してください。
- ◆ 解答はすべて解答用紙に記入してください。
- ◆ 問題冊子の余白等は適宜利用してください。
- ◆ 解答時間は 地質・固体地球・海洋・気象・天文・鑑定試験を合わせて 3 時間です。どの順で解き始めても構いません。
- ◆ 試験時間途中で、別室で鑑定試験があります(岩石 5 分、鉱物 5 分、化石 5 分)。受験番号を呼ばれたら、他の受験生の迷惑にならないよう、静かに一時退室してください。その際、問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験時間中にトイレに行きたい受験生は、試験監督に申し出てください。その際も問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験終了の合図とともに筆記用具をおいでください。
- ◆ 解答用紙は試験監督が回収します。
- ◆ この問題冊子は持ち帰って構いません。
- ◆ 貸与物：電卓、定規、分度器、コンパス

番 号		氏 名	
-----	--	-----	--

海面には様々な空間スケールの凹凸があり、様々な時間スケールで変動している。海面の高さ分布に関する次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

運動していない静止した海面（**ア**）は回転楕円体に近い。しかし、重力の分布が一様ではないために、回転楕円体から高さ**イ**メートルほどの凹凸が生じている。さらに、海に運動があると、波浪①や潮汐②などの周期的に変動する海面の凹凸が加わる。また、地衡流により、コリオリ力（転向力）と**ウ**が釣り合うような海面の高さ分布（海面力学高度分布③）も生じている。海面力学高度分布は、波浪や潮汐に比べると時間変化が小さい。

さらに、気圧や風などの気象の変化によっても海面の高さは変化する。例えば、気圧が 10 hPa だけ**エ**くなると、海面水位は**オ**メートルほど高くなる。加えて、近年は全球で平均した海面水位が少しずつ上昇しており、地球温暖化が原因だと考えられている④。

問1 上の文章の**ア**～**オ**に入れる語として最も適当なものを下記の【語群】から選び解答欄に記入しなさい。

【語群】 100, 10, 1, 0.1, ジオイド, モホ面, 主温度躍層, 圧力傾度力, 摩擦力, 加速度, 高, 低

問2 下線部①の波浪に関して、次の問いに答えなさい。

図1は、ある日の日本周辺の波浪実況図である。図中の白抜き矢印は波向、等値線は波高、矢羽根は風向と風速を示している。点線で囲まれた地点Aでは、風向と波向がほぼ一致しているが、地点Bでは風向と波向きが一致していない。この理由を説明しなさい。

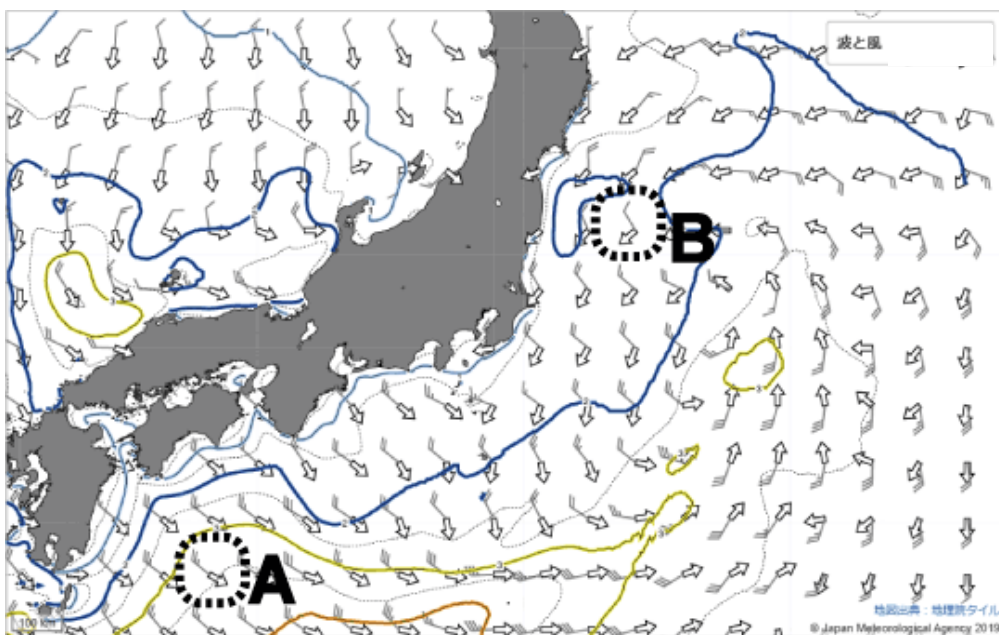


図1: ある日の日本周辺の波浪実況図（図は気象庁のホームページより）。



問3 下線部②の潮汐に関して、次の問いに答えなさい。

地球が月による起潮力（潮汐力）を受けるように、月には地球による起潮力が働いている。月面における地球からの起潮力の方向と分布を簡単に説明し、月面のある地点の起潮力がどんな周期で変化するかも説明しなさい。

問4 下線部③の海面力学高度分布に関して、次の問いに答えなさい。

約  $1 \text{ m/s}$  で流れる黒潮を、北緯  $30^\circ$  付近で横切って沖方向に  $100 \text{ km}$  移動すると、海面力学高度は約  $1 \text{ m}$  変化する。図2のように、中心部の海面力学高度が周辺より  $0.2 \text{ m}$  低い、直径  $400 \text{ km}$  の円形の渦が南緯  $30^\circ$  にあったとして、この渦の地衡流の回転方向（上から見て時計回りか反時計回りか）と流速を求めなさい。

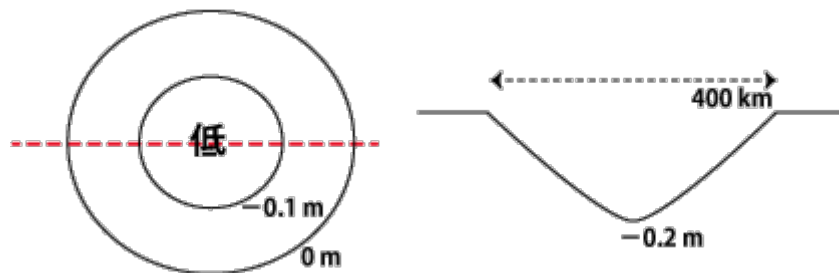


図2：渦を上から見た海面力学高度等値線図（左）と、左図破線の位置での断面図（右）。

問5 下線部④の全球平均した海水位の上昇について、次の問いに答えなさい。

地球温暖化によって海面の水位が上昇する原因は、大きく分けて二つ考えられる。このうち、一方の変動は海底に設置した圧力計などでも検出されるが、もう一方の変動は検出されないの  
で、二つの成分を分離して議論することが可能である。

海底圧力に反映される変動要因と、されない変動要因の、各々について答えなさい。



# 第 17 回日本地学オリンピック本選

## (第 18 回国際地学オリンピック国内三次選抜)

### 天文分野問題

- ◆ 試験開始の合図があるまではこの冊子は開かないでください。
- ◆ 試験開始前に問題冊子と解答用紙に氏名および受験番号を記入してください。
- ◆ 解答はすべて解答用紙に記入してください。
- ◆ 問題冊子の余白等は適宜利用してください。
- ◆ 解答時間は地質・固体地球・海洋・気象・天文・鑑定試験を合わせて3時間です。どの順で解き始めても構いません。
- ◆ 試験時間途中で、別室で鑑定試験があります(岩石5分、鉱物5分、化石5分)。受験番号を呼ばれたら、他の受験生の迷惑にならないよう、静かに一時退室してください。その際、問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験時間中にトイレに行きたい受験生は、試験監督に申し出てください。その際も問題と解答用紙は伏せてください。
- ◆ 試験終了の合図とともに筆記用具をおいてください。
- ◆ 解答用紙は試験監督が回収します。
- ◆ この問題冊子は持ち帰って構いません。
- ◆ 貸与物：電卓、定規、分度器、コンパス

番 号		氏 名	
-----	--	-----	--

天文学では、できるだけ誤差を小さくした観測を行い精密に測定の結果を出す一方で、そういった観測結果を使って概算値を有効数字1桁程度の精度で推定し、大まかな理解につなげることもある。以下では、シリウスのさまざまな性質について概算値の見積もりを行ってみよう。計算問題では、答えの導出過程を分かりやすく記入すること。

夜空で最も明るい星シリウスは、肉眼では1つの恒星に見えるが、スペクトル型A型の主系列星（シリウスAとする）とずっと暗い白色わい星（シリウスBとする）との連星である。シリウスAの光度（全放射エネルギー）は、太陽の光度の30倍ほどで、たとえばベテルギウス等の明るい恒星に比べて小さい。しかし、私たちからシリウスまでの距離は8.6光年で、シリウスは最も近い恒星の一つと呼んでも良く、そのために明るく見えるのである。さまざまな望遠鏡を使ってシリウスの全放射エネルギーを測定すると、シリウスAとシリウスBの光度差は7.5等級と算出される。何年も観測を続けると、この2つの星は両者の重心のまわりに公転周期50年で回っていることがわかる。その平均間隔は見かけの角度で表すと7.6秒角である（1秒角は1度の3600分の1）。以下では簡単のため、星は球状で等方的にエネルギーを放射しているとし、また連星の公転軌道面は私たちからの視線に対して垂直であるとする。

問1：シリウスAも太陽も、生まれたときに持っていた水素の約10%が核融合反応で変換されると、主系列星としての寿命を終えると考えられる。シリウスAの光度と太陽の光度との比は不変としよう。また、シリウスAと太陽の質量比も生まれたときから変化していないとしよう。質量光度関係で恒星の光度が質量の4乗に比例するものと仮定すると、太陽の主系列星としての寿命はシリウスAの何倍になると考えられるか、有効数字1桁で求めよ。なお、 $30^{1/4} = 2.34\dots$ である。

問2：シリウスAとシリウスBの間の平均間隔の見かけの角度から両者の平均距離を求めると、約20天文単位であることを示せ。なお、光年とパーセクの換算には、1パーセク=3.26光年であることを使えば良い。

問3：(1) 太陽の質量を $M$ とし、地球の質量を $m$ として、その平均距離 $a$ 、公転周期 $P$ の間には、万有引力定数を $G$ として、ケプラーの第3法則により、 $a^3 / P^2 = (G / 4\pi^2) (M + m)$ の関係式がある。太陽と地球の場合に平均距離 $a$ を天文単位で表し公転周期 $P$ を年で表すと、この式がどうなるか考えよう。そこから $(G / 4\pi^2)$ は、地球の質量 $m$ を用いない近似式でどのように表せるかを示せ。

(2) 次いで、シリウスの連星に対して、その平均距離と公転周期に同じような関係式(平均距離)<sup>3</sup> / (公転周期)<sup>2</sup>を考えることで、シリウスAの質量 $M_A$ とシリウスBの質量 $M_B$ の和 $M_A + M_B$ を導出しよう。答えは太陽質量の何倍か、有効数字1桁で求めよ。

問4：シリウスAから連星の共通重心までと、シリウスBから共通重心までの平均距離の比は、観測から1:2であるとわかった。シリウスAの質量 $M_A$ とシリウスBの質量 $M_B$ がそれぞれ太陽質量の何倍か、有効数字1桁で求めよ。問3の結果を使うこと。問1の結果も参考になる。

問5：シリウスBの光度は太陽の光度の何倍か、有効数字1桁で求めよ。



問 6 : 恒星の単位表面積から毎秒放射されるエネルギーは、シュテファン・ボルツマンの法則に従うことが知られている。シリウス B の表面温度は 24000 K で、太陽の表面温度は 5800 K である。問 5 の結果をもとに、シリウス B の半径が太陽の半径の約 100 分の 1 であることを示せ。

問 7 : 以上の結果から、シリウス B の  $1 \text{ cm}^3$  あたりで表した平均密度を、有効数字 1 桁で求めよ。なお、太陽の平均密度は  $1 \text{ cm}^3$  あたり 1 g とする。