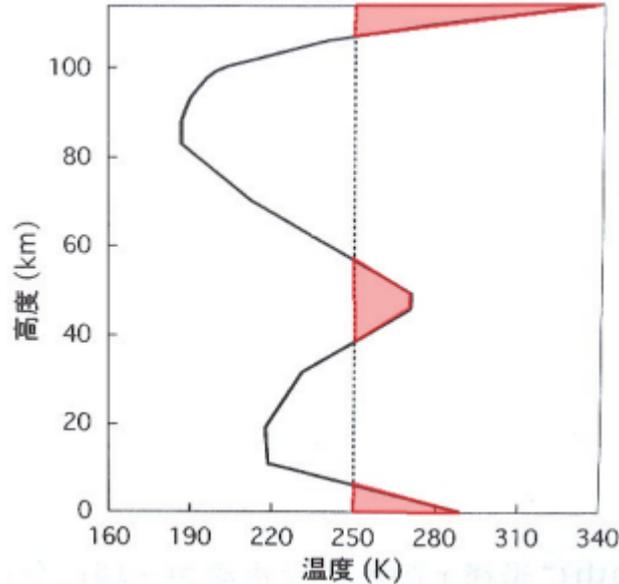


第 39 回一般問 1

問 1:

地球大気の温度の高度分布とその成因に関する次の文章の空欄(a)~(c)に入る適切な語句の組み合わせを、下記の(1)~(5)の中から一つ選べ。

図は地表面から熱圏下部までの地球大気の温度の標準的な高度分布を示している。この図からわかるように、地球大気には温度が250Kを超える高温域が3ヶ所存在する。そのうち、高度が最も低い高温域は対流圏下端にあり、地表面における太陽放射の吸収がその主な成因である。次の高温域は(a)付近にあり、その成因はオゾンによる太陽放射中の(b)の吸収である。高度が最も高い高温域は熱圏内にある。熱圏では窒素や酸素が太陽放射中の(b)やX線によって(c)して高温となっている。



	(a)	(b)	(c)
(1)	成層圏の中央部	赤外線	光解離
(2)	成層圏の中央部	紫外線	光電離
(3)	成層圏と中間圏の境界	赤外線	光解離
(4)	成層圏と中間圏の境界	紫外線	光電離
(5)	成層圏と中間圏の境界	紫外線	光解離

(問題の原図には着色はありません)

解説:

問題文を読んだだけで、(a)は「成層圏と中間圏の境界」であり、(b)は「紫外線」であることは、初学者でも簡単に分かるはずだ。

これによって(1)(2)(3)の選択肢を除外すると、次の二つに絞られる。

(4)成層圏と中間圏の境界、紫外線、**光電離**

(5)成層圏と中間圏の境界、紫外線、**光解離**

要するに、『光電離』か『光解離』かの選択になるのだ。

ほとんどの人が、ここで悩んだはずだ。

まったく分からないからと、当てずっぽうで書いた人も多いことだろう。

私は、複数の参考書持っているが、ほとんどの本には「**熱圏の温度上昇は、紫外線吸収による**」程度のことしか書いていない。実際、気象予報士の知識としては、それで十分なのかも知れない。

下の図は、一般知識試験の教科書とも称されるあの「**小倉義光著、一般気象学【第2版】東京大学出版会**」33ページのコピーだが「**光電離**」のところに、なんと、自分自身で赤いアンダーラインを引いているではないか。

2.4 熱 圏

図 2.7 は熱圏内の温度の高度分布を示す。熱圏の特徴は名前どおり温度が高いことである。これは主として波長が $0.1 \mu\text{m}$ 以下の紫外線を熱圏にある窒素や酸素が**光電離**で吸収するためである。あとで図 5.8 で示すように、太陽から

しかし、まったく覚えていない。修行が足りないということだなあ。

そういうわけで、**正解は(4)「成層圏と中間圏の境界、紫外線、光電離」**だった。

(2013/06/12)

第 39 回一般問 2

問 2:

地表から高度 300m まで一様な霧が発生し、この霧粒の水の量を雨に換算すると 0.03mm である。この層内の空気の地表面 1m² あたりの質量を 300kg、空気の定圧比熱を 10³J/(K·kg)、水蒸気の凝結の潜熱を 2.5 × 10⁶J/kg、水の密度を 1000kg/m³ としたとき、この霧の発生に伴う気温の上昇量は何℃か。

(原文を省略しており、マイナス 1 乗を表現しにくいので単位の表現も多少違います)

解説:

水の潜熱量と空気の熱量を比較する問題だ。

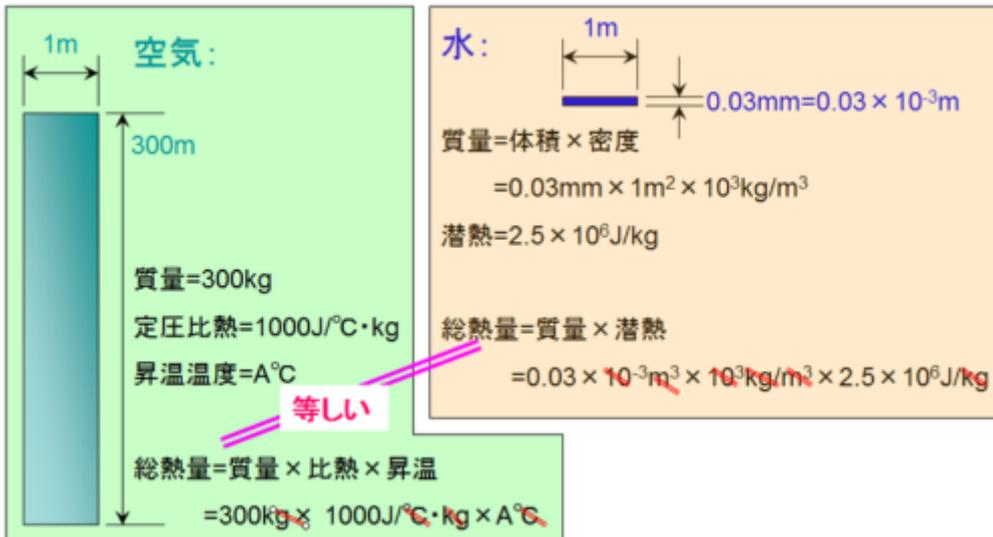
ごちゃごちゃといろいろ書いてるが、単位系を考慮しながら熱量を求めれば難しいことはない。

また、0.03mm と 300kg で 3 が消えてしまうので、実質上の計算は桁数の調整だけになり、電卓は要らない。(必要だといっても禁止だけドネ)

唯一ややこしいのは、0.03mm を m に換算するところかな。

それ以外は、ほとんど何もせずに、消し合っていくと解ける。

空気の昇温温度を A℃として、下図の関係を理解する。



上の図を見てもらえば一目瞭然だと思う。

絶対温度(K)を便宜的に(°C)で表し、地表面積 1m²としてまとめた。

二つの総熱量を等しいとして A を求めると、答えは 0.25℃となり、解答選択肢の正解は(2)0.25℃である。

これらの物理量は単位が意味を持つと言われる。

例えば、水について考えてみると、与えられた因子として、潜熱[J/kg]がある。これに質量[kg]を掛ければ[kg]が消えて、熱量[J]が残ることが分かる。また、密度[kg/m³]に体積[m³]を掛ければ、質量[kg]が残ることが分かる。まとめると、潜熱 × 密度 × 体積で熱量になることが自動的に浮き出てくる仕組みである。

空気側も同じように 質量[kg] × 定圧比熱[J/(°C·kg)] × 気温上昇[°C]で熱量[J]が浮かび上がる。時間と緊張に迫られた試験会場で、このように冷静な判断ができるかどうかの問題である。

空気柱の高さ 300m の条件を与えられたけど、使わなかった。

空気の密度を与えられたら、水と同じように質量の計算をするのだけれど、質量 300kg と与えられたので使う必要がなかったから。

(2013/06/12)

第 39 回一般問 3

問 3:

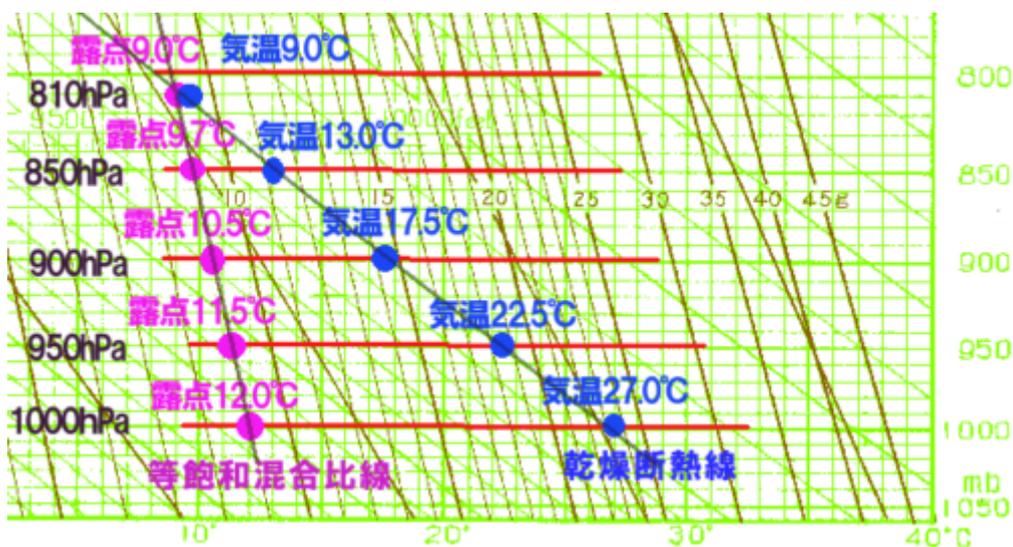
次の文章の正誤を答えよ。(問題原文とは質問形式と単位表現が若干違います)

- (a) ある空気塊を断熱的に膨張させると、気圧が低くなるにつれてその気圧における露点温度も低くなる。
- (b) 同じ気圧にある2つの空気塊を比べると、湿球温位の高い方が相当温位も高い。
- (c) ある空気塊の混合比の値(g/kg)は、その空気塊の比湿の値(g/kg)よりも小さい。

解説:

(a)はこんな風に、エマグラムの用紙があれば簡単に解明できる。

1000hPa から、順番に上に上がっていくイメージで捉える。



1000hPa で気温 27.0°C、露点温度 12.0°Cの空気を断熱的に持ち上げると

950hPa では、気温 22.5°C、露点温度 11.5°Cと両者とも低下する。さらに持ち上げると

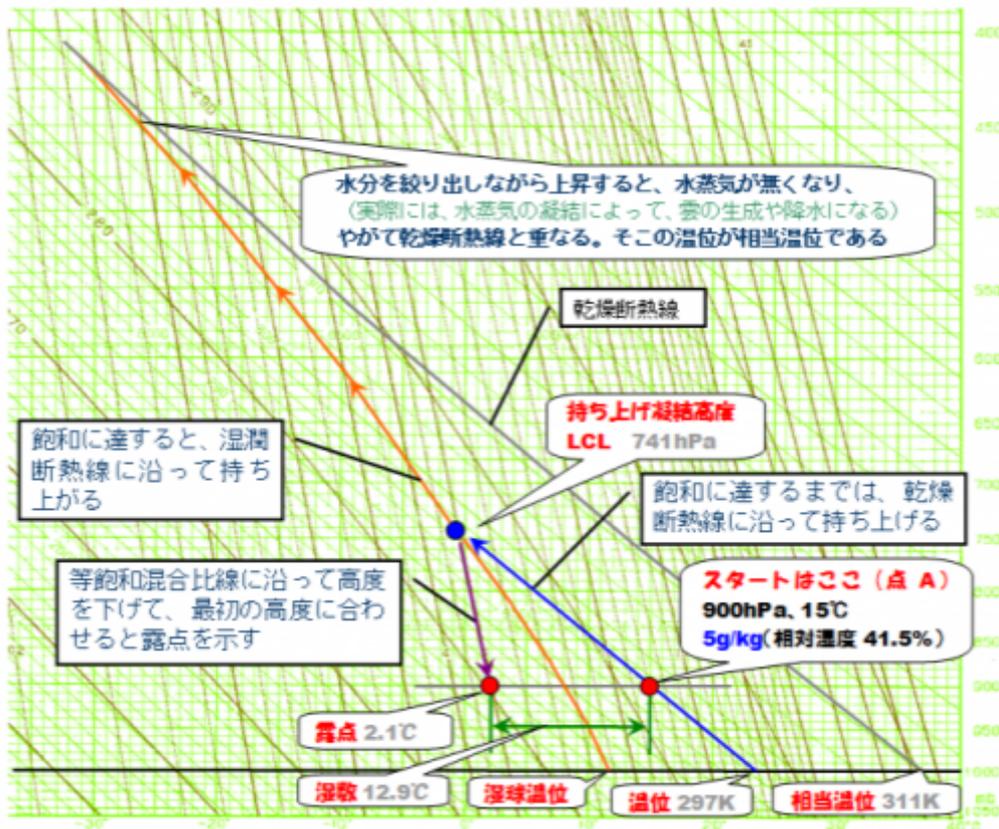
900hPa では、気温 17.5°C、露点温度 10.5°Cと両者とも低下する。さらに持ち上げると

850hPa では、気温 13.0°C、露点温度 9.7°Cと両者とも低下する。さらに持ち上げると

810hPa で、気温・露点温度ともに 9.0°Cとなり飽和に達する。

図で見て明らかのように、気圧低下とともに、露点温度も低下するので、(a)は「正」である。

(b)については、湿球温位と相当温位の関係を示した図を確認しよう。



湿球温位から、湿潤断熱線に沿って持ち上げると、やがて乾燥断熱線に重なる。その温位が相当温位なので、湿球温位が高ければ相当温位が高くなるのは自明である。

だから(b)は「正」である。

(c)は、混合比と比湿の定義を知っていれば、悩む必要もない簡単な問題だ。

混合比とは、[水蒸気/乾燥空気]の質量比。

比湿とは、[水蒸気/(乾燥空気+水蒸気)]の質量比。

案外、言葉の定義って忘れてしまうんだよね。

「金剛に水なし、比湿に湿あり」って覚えるといいよ。

♪ ^-(* 〇) / スイッ!!!

つまり「混合比の分母には水がないけれど、比湿の分母には湿気に関連する水蒸気がある」という意味だ、文字をみただけで思い出せるから、絶対に間違えることはない。

ともかく、混合比は比湿よりも分母が小さいのだから、混合比

が比湿より小さくなるはずがない。水蒸気がゼロの場合でも同じであり、小さくはない。だから(c)は「誤」である。

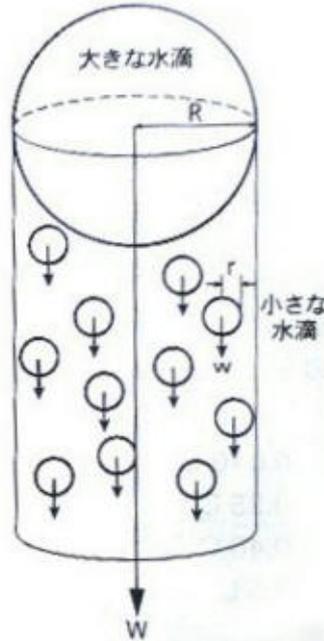
省略したが、問題文の選択肢から選べば、正解は(2)「正正誤」である。

(2013/06/12)

第 39 回一般問 4

問 4:

図のように、雲の中に半径 r の小さな水滴が一様に分布して鉛直に下向きに速さ w で落下しており、その雲の中を r よりも十分に大きい半径 R の水滴が同じく鉛直下向きに速さ W ($W > w$) で落下している。大きな水滴が小さな水滴を併合して雨粒に成長するとき、大きな水滴の時間当たりの質量増加量を表す式として最も適切なものを、下記の(1)~(5)の中から一つ選べ。
ただし、雲の中の小さな水滴の数密度を n 、水の密度を ρ とする。



- ① $4\pi^2 n \rho r^2 R^2 W$
- ② $4\pi^2 n \rho r^2 R^3 W$
- ③ $\frac{4}{3}\pi^2 n \rho r^3 R^2 (W - w)$
- ④ $\frac{4}{3}\pi^2 n \rho r^3 R^2 W$
- ⑤ $\frac{4}{3}\pi^2 n \rho r^3 R^3 (W - w)$

解説:

いわゆる併合過程の模式図を理解することは必要だが、こんな計算式に何の意味があるのだろうか？

ともかく、考え方は次のようなものかな。

- 1) 一定時間に、小さな水滴を何粒併合できるかを考える。
- 2) 一粒の体積を計算して、小さな水滴の一粒の質量を求める。
- 3) 粒子数と質量を掛けて総質量を求める。

「数密度」という聞きなれない用語が示されているが、これが一つのポイントである。

数密度は単位体積あたりの対象物の個数を表す物理量であるから、基準となる体積に数密度 n を掛けると個数になることを確認しておこう。

1) 一定時間に小さな水滴を何粒併合できるか。

基準になる一定時間の体積を求めるために、まず、大きい水滴の断面積が必要だ。

円の面積は半径 × 半径 × 円周率というヤツだから πR^2 である。

一定時間における大粒と小粒の移動距離の差は $W - w$ なので、基準になる空間の体積は、 $\pi R^2(W - w)$ である。

何粒が併合されるかは、この体積に数密度の n を掛けて、 $n \pi R^2(W - w)$ となる。

2) 小さい粒の一粒の体積は $(4/3)\pi r^3$ で、水の密度が ρ なので、一粒の質量は、 $\rho(4/3)\pi r^3$ になる。

3) 1) と 2) を掛けると

$$n \pi R^2(W - w) \times \rho(4/3)\pi r^3 \\ = (4/3)\pi^2 n \rho r^3 R^2(W - w) \text{ となり}$$

正解は(3)である。

詳細な計算をしなくても、次のような思考でも正解にたどり着くことができる。

イ) 題意から大きい水滴の体積は関係ないなく、断面積がポイントであることに気がつけば、 R^3 が除外できる。これで(2)(5)が消えて、(1)(2)(3)(4)(5)に絞り込める。

ロ) 小さい粒の体積を問題にするのだから、 r^3 が必要だと気がつけば、(1)(2)を捨てて、(1)(2)(3)(4)(5)に絞り込める。

ハ) 速度の差を問題にするのだから $(W - w)$ は必須だろう、少なくとも w が入っていない式を除外しよう。

で、(1)(2)(4)を除くと、(1)(2)(3)(4)(5)に絞り込める。

こうして、チェックしてゆくと、ご覧のように(3)しか残らないはずだ。

順番に整理すれば、どうということもないのだが、緊迫した試験会場で数式を見ただけでパニックになる人もいることと思う。

(~~1~~ ~~2~~ ~~4~~;)ギョッ

あせらないで、式の意味を考える冷静さが重要だ。(2013/06/12)

第 39 回一般問 5

問 5:

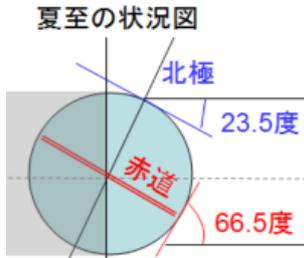
次の各文の正誤を答えよ。(試験の原文とは多少違います)

- (a) 夏至の1日間に大気上端の水平な単位面積に入射する太陽放射エネルギー量は、北極点の方が赤道上の地点よりも多い。
- (b) 海表面における直達太陽放射の反射率は、太陽の高度角が大きいほど大きい。
- (c) 冬至の1日間に地球全体で受ける太陽放射エネルギー量は、夏至の1日間よりも多い。
- (d) 可視光線が大気の子によって散乱を受けるとき、波長が $0.4 \mu\text{m}$ の紫色の散乱係数は、波長が $0.6 \mu\text{m}$ の橙色光の散乱係数の約 5 倍になる。

	(a)	(b)	(c)	(d)
(1)	正	正	誤	誤
(2)	正	誤	正	正
(3)	正	誤	正	誤
(4)	誤	正	誤	正
(5)	誤	誤	正	誤

解説:

(a)の問題では、出題者の狙い(というよりも罠)に引っかからないように注意しなければならない。太陽放射エネルギーが多いか少ないかと問われれば、太陽高度角を思い浮かべよう。地球の地軸は公転軌道から 23.5 度傾いている。夏至の日となれば、北極点を太陽に向けて、北半球全体が太陽放射を浴びているはずだ。図示すればこんなイメージだ。(この図は問題用紙にはありません)



このとき北極点の太陽高度は 23.5 度で、赤道上では 66.5 度になる。どう考えたって、赤道の方が放射強度が強いに決まっている。当然、(a)は『誤』だろうって。⇒ って、それじゃダメだよ。冷静に考えれば、これが引っかけだって気がつくだろう。ポイントは、問題文の、『1日間に大気上端の水平な単位面積に入射する太陽放射エネルギー量』だ。

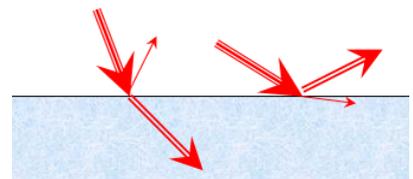
もっと絞り込めば『1日間に』という行く(くだり)だ。

最大放射強度は当然赤道の方が大きいのだが、しかし、なんと、この時期、北極点には夜がない。やられた、と言っても、後の祭り。北極点は、24 時間同じ角度で連続的に太陽光を浴び続けるが、赤道には夜があるし朝夕は照射角度が小さくなる。詳しい 計算はしていないし、したくもないのだが、24 時間の累積放射エネルギーなら、夜がなくて 24 時間連続照射を受けている北極の方が多だろうな。そういうわけで(a)は『正』

(b)は『誤』

だって、海面に直角に光が当たれば突き抜けていくけど、斜めに当たれば全反射する原理だから、角度が大きければ、反射率は少ない。

水面を見るときに、真上から見ると水底が見えるが、角度を浅くすると鏡のように反射する。



こんなイメージで捉えてもらえれば、おそらく間違えないだろう。(この図は問題用紙にはありません)

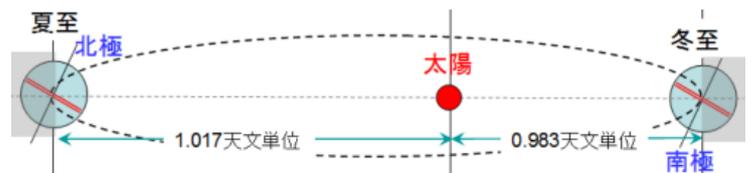
(c)は『正』。

下図のように、冬至の方が太陽に近いことは「日本の冬は寒いから、太陽からの距離を近くして暖めてくれる」と覚えておけば間違いない。

太陽と地球間の距離は、夏至が 1.017 天文単位に対して、冬至が 0.983 天文単位だから、わずかながら距離が近い分だけ「地球全体で受ける太陽放射エネルギー量は」多い。

(この図は問題用紙にはありません)

ちなみに、天文単位とは、太陽までの平均距離で 1 億 5 千万キロである。



(d)は『正』

$0.6 \mu\text{m}$ は $0.4 \mu\text{m}$ の 1.5 倍だ。

レイリー散乱では、散乱強度は波長の 4 乗に反比例する。

計算機使用が禁止されているので、1.5 の 4 乗の正確な計算など出来ないから手計算で、 $1.5 \times 1.5 = 2.3$ $2.3 \times 2.3 = 5.3$ とする。5 倍に近いから『正』と見てよいだろう。

(ちなみに、1.5 の 4 乗をきちんと計算すると、5.06 である)

正解は選択肢(2)の「正誤正正」だ。(2013/06/12)

第 39 回一般問 6

問 6:

角速度 Ω で自転している地球に固定された座標系上では、北半球の北緯 ϕ の地点の速さ V で水平移動する単位質量の空気塊に働くコリオリ力の水平成分の大きさは (a) となる。コリオリ力は移動方向と直角に働くため、これ以外に水平方向に働く力がないときにはこの空気塊は水平円運動を行う。この円の半径を r とすると、この空気塊には (b) で表される遠心力が外向きに働く。この遠心力がコリオリ力と釣り合うことを利用して、円周の長さを速さで割ると、円運動の周期は (c) となる。この円運動は慣性振動と呼ばれる。

この周期から、北緯 30 度の地点で北向きにゆっくりと水平移動を開始した空気塊は、その 6 時間後には (d) 向きに移動していることになる。

- | | (a) | (b) | (c) | (d) |
|-----|-----------------------|---------|----------------------------|-----|
| (1) | $2\Omega V \sin \phi$ | V/r | $\pi \Omega \sin \phi$ | 南 |
| (2) | $2\Omega V \cos \phi$ | V^2/r | $\pi \Omega \cos \phi$ | 東 |
| (3) | $2\Omega V \sin \phi$ | V^2/r | $\pi / (\Omega \sin \phi)$ | 北東 |
| (4) | $2\Omega V \cos \phi$ | V/r | $\pi / (\Omega \cos \phi)$ | 南 |
| (5) | $2\Omega V \sin \phi$ | V^2/r | $\pi / (\Omega \sin \phi)$ | 東 |

解説:

コリオリパラメーターは、 $2\Omega \sin \phi$ であると、気象予報士試験の参考書なら必ず書いてあるはずだ。これに速度を掛けると水平成分の大きさになるし、 $2\Omega V \sin \phi$ などと、丸ごと覚えている人もいるかもしれない。

と言うわけで、考えるまでもなく、(a)は $2\Omega \sin \phi$ である。

理屈を知りたい人は、専門書を読んで研究してくれ。

また、遠心力は、速度の 2 乗に比例して半径に反比例すると言うのも、常識的に知っているはずだ。いや、気象予報士を受験するなら知っていて欲しい。だから(b)は V^2/r である。

ここまでは、多くの皆さんが到達できたことだろう。 =*^-^*=にこっ♪

- | | (a) | (b) | (c) | (d) |
|-----|---|-----------------------------|----------------------------|-----|
| (1) | $2\Omega V \sin \phi$ | V/r | $\pi \Omega \sin \phi$ | 南 |
| (2) | $2\Omega V \cos \phi$ | V^2/r | $\pi \Omega \cos \phi$ | 東 |
| (3) | $2\Omega V \sin \phi$ | V^2/r | $\pi / (\Omega \sin \phi)$ | 北東 |
| (4) | $2\Omega V \cos \phi$ | V/r | $\pi / (\Omega \cos \phi)$ | 南 |
| (5) | $2\Omega V \sin \phi$ | V^2/r | $\pi / (\Omega \sin \phi)$ | 東 |

間違いの選択肢を消すと、(3)と(5)が残っている。

改めてみると見ると(c)は同じなので、(d)が「北東」か「東」かの選択になる。

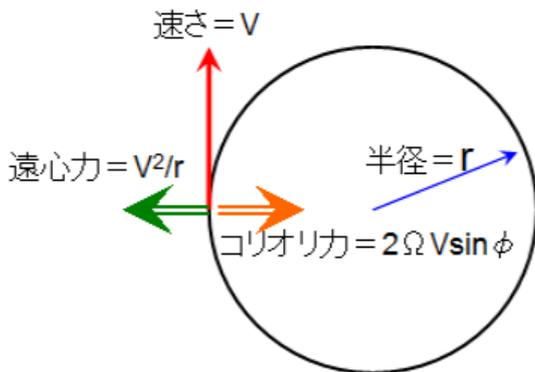
解析を進めてみよう。

さて、問題は、つぎの課題だ。

周期を求めるために、「円周の長さを速さで割る」ときた。

円周って何だ？ 速さって何だ？

図で説明しよう。この問題は、実は、こんなイメージの動きなのだ。



半径 r の円だから、円周の長さは(直径 \times 円周率)すなわち $2\pi r$ って、小学生のときに習ったよね。速さってのは、「北緯 ϕ の地点の速さ V 」って与えられているから V だ。

ここまで、問題ないよね。

だから、周期(以後周期を f と言うことにする)は、円周の長さを速さで割るのだから、 $f=2\pi r/V$ というわけだ。

これが、課題(c)の答えだ。

え、そんな選択肢は、ないって？

あ、そうか、困ったな。じゃあ V を消そうよ。

どうやって？

ちょっとは、考えてよ。ヽ(´~`); オイオイ

「この遠心力がコリオリ力と釣り合うことを利用して」ってヒントが書いてあるじゃん。

つまり (遠心力) $V^2/r=2\Omega V \sin \phi$ (コリオリ力) ってことだよな。この式を変形すると $V=2\Omega r \sin \phi$ となる。

先の周期の式 $f=2\pi r/V$ に代入すると

$f=2\pi r/(2\Omega r \sin \phi)=\pi/(\Omega \sin \phi)$ となり、 r と 2 が消えて選択肢の中で見たような形になってきた。

そう、(c)は $\pi/(\Omega \sin \phi)$ と言うわけだ。

ここまでくれば、出来たも同然だ。(; _ _) なんじゃと？

地球は 24 時間で一周するので角速度は、 $\Omega=2\pi/24\text{hr}$ である。

2π はラジアンで 360 度のこと。これを一日 24hr 割っただけだよ。

北緯 30 度だから $\sin \phi = \sin 30 \text{度} = 1/2$ である。

ここで、(c)の式 $\pi/(\Omega \sin \phi)$ にこれらの因子($\Omega=2\pi/24\text{hr}$ と $\sin \phi=1/2$)を代入してみる。

周期 $f=\pi/(2\pi/24\text{hr} \times 1/2)=\pi/(2\pi/24\text{hr} \times 1/2)$ となる。

2 と π が消えてしまうので、 $f=24\text{hr}$ が残り、24 時間で一周する周期であることを示している。

つまり 360 度を 24 時間で一周する速度で円形に振動しているということだ。

問われているのが 6 時間後だから、一周 24 時間の 4 分の 1 であり、90 度進んだ位置に相当する。

上の図で、北向きに動き出して、90 度進んだ地点と言えば東向きになる。

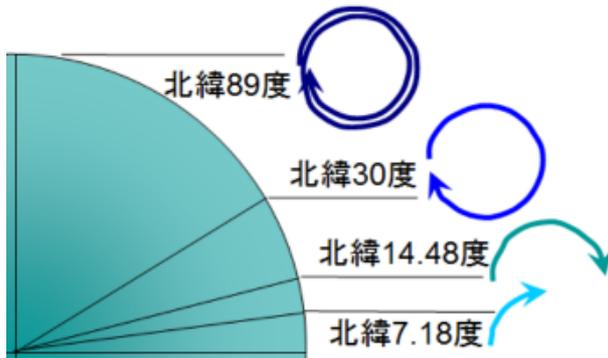
という長い説明を終えて、(d)は東となるのであった。

正解は選択肢(5)「 $2\Omega V \sin \phi$ 、 V^2/r 、 $\pi/(\Omega \sin \phi)$ 、東」と言うわけだ。

これは、まともに考えたらすごく難しい。試験会場では頭が混乱して解けないだろう。

ついでに、地球上のほかの地点についてもちょっと考えてみた。

緯度を変えると $\sin \phi$ が変わるので、 $\sin \phi$ が 1 になる北極点付近と、 $\sin \phi$ が $1/4$ になる北緯 14.48 度付近、及び $\sin \phi$ が $1/8$ になる北緯 7.18 度付近の、24 時間で動く周期を図示してみた。



当たり前だけど、コリオリ力の影響が小さい低緯度ほど回転が遅いことが分かる。もしも、問題が北緯 14.48 度だったら、6 時間後の方向は北東だが、そんな面倒な計算問題は出ないよ。

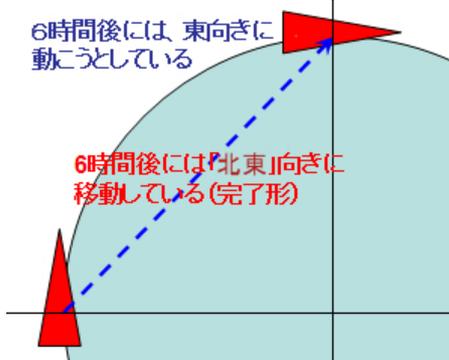
逆に、北極点付近では、1 日で 2 回転もしちゃうんだね。
(2013/06/12)

読者の声:

マンボウさん(2013/03/14)

試験で、計算結果はすべて合っていたんですが、最後、試験問題の「()向きに移動していることになる」はかなり誤解を招くような気がします。90 度回転するわけですから、元の点と比べて北東方向ですが、確かに 6 時間後には東向きに速度ベクトルを持っています。いまだに納得がいけないです...どうなんでしょうかね...

なるほど、おっしゃりたいことがやっと理解できました。図示すればこんなイメージですね。



6 時間後には、スタート地点から見れば、(経路はともかくとして)北東向きに移動している。(移動を完了している)と、解釈できますね。

この解釈なら、選択肢(3)が正解になります。

一方、完了形ではなく、現在進行形なら、「東」に移動しようとしているともとれる。

日本語として、どう捕らえるべきかあいまいですね。

言われてみれば、どちらとも取れる文章なので、選択肢(3)(5)の両方正解にすべきでしょう、って。

そうすると、簡単な設問(a)(b)が分かれば、後半の面倒な計算(c)(d)は関係なくなってしまう。

センターの発表は、正解は(5)としているだけで注釈がついていないので、おそらく、そうはなっていないのじゃないかな。

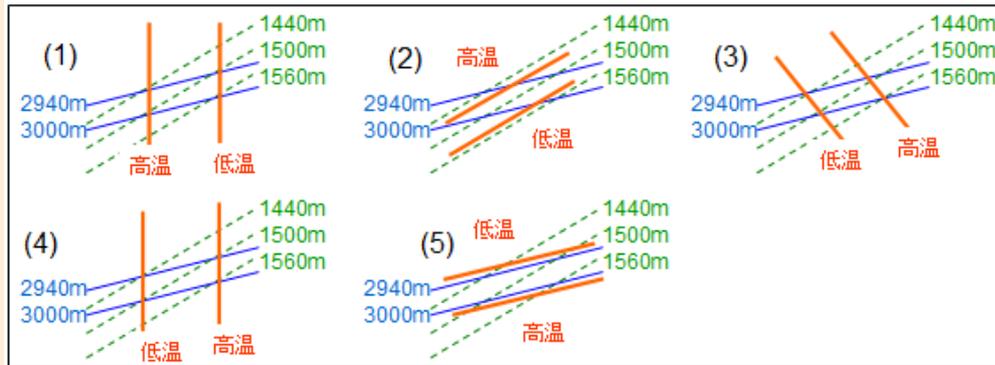
どう表現すれば、誤解がないでしょうか。

「その 6 時間後には(d)に向かって動いていることになる」でしょうかね。 by 北上大(2013/03/15)

問 7:

次の図は、北半球の 850hPa (緑色)と 700hPa (青色)の等圧面の高度分布で、赤色が等温線である。赤い実線で気層の平均気温の水平分布を最も適切に表されているものを一つ選べ。

(問題文は原文と同じではありません。原問題には色がついていません)



解説:

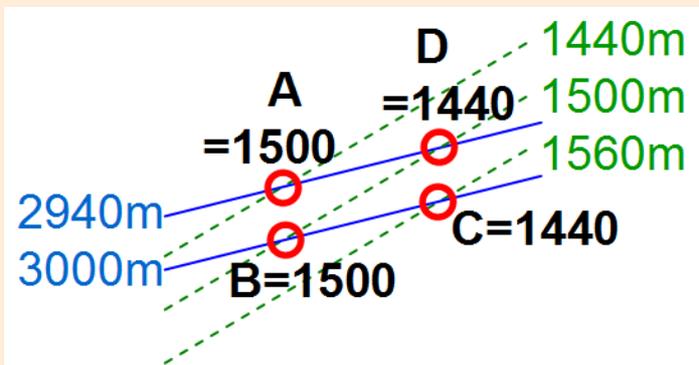
850hPa 面も 700hPa 面も平行な等高度線なので、二枚の平面の組み合わせになる。

両者とも斜めだから、二つの傾いた板を重ねてみたときに、層厚(空間の高さ)が厚いほうが平均気温が高いということだ。

だけど、僅かに傾きがずれている二つの平面を立体的にイメージすることは相当に困難だ。

実は、この記事を作成するに当たって、立体的に図表化しようと思っいろいろトライしたのだが、とても難しい。3次元(立体)画像を回転させれば表現も可能だが、平面で表現することをあきらめた。

じゃあ、問題が解けないかというそんなことはない。



この図のように、850hPa と 700hPa の交点を、点 A・B・C・D として、層厚を計算してみると、思いがけない数字が並ぶんだ。

$$A=2940\text{m}-1440\text{m}=1500\text{m}$$

$$B=3000\text{m}-1500\text{m}=1500\text{m}$$

$$C=3000\text{m}-1560\text{m}=1440\text{m}$$

$$D=2940\text{m}-1500\text{m}=1440\text{m}$$

すなわち、 $A=B=1500\text{m}$ と層厚が厚いので、平均気温が高い。

$C=D=1440\text{m}$ と層厚が薄いので、平均気温が低い。

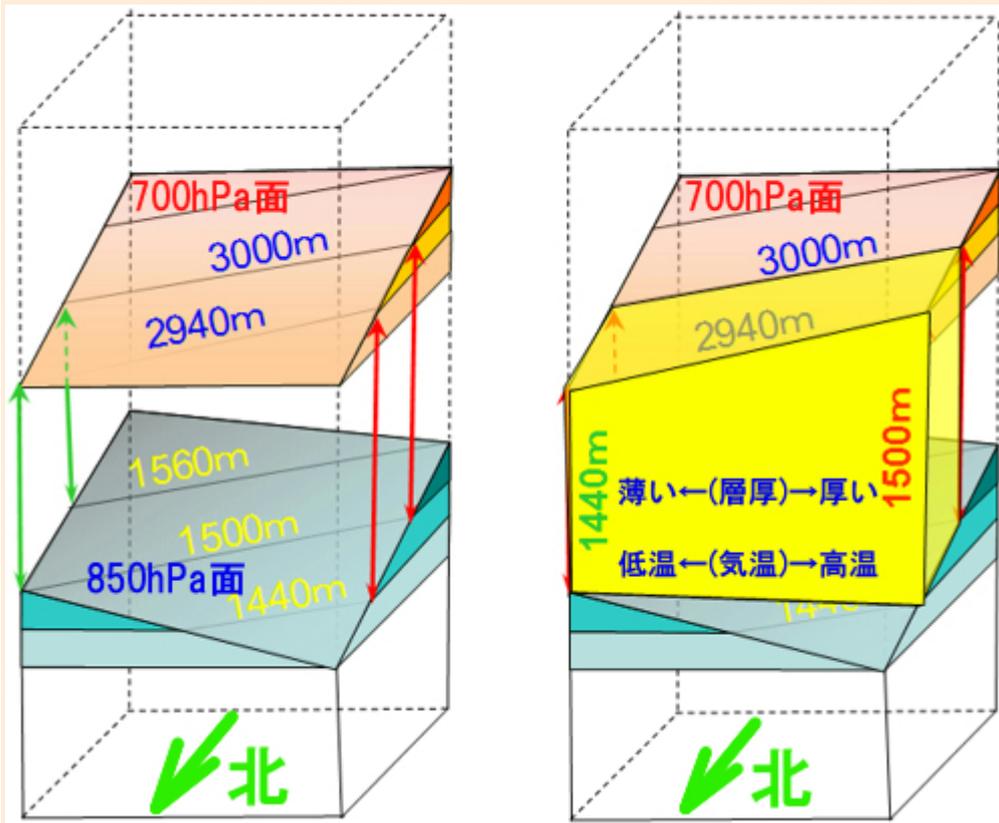
ということは、等温線は縦棒が並ぶ格好になり、左側が高温域で右側が低温域になる。

正解は選択肢(1)だ。

===

分かりにくいとのコメントをいただいたので、何とか画像を作ってみた。

理解の助けになってくれればうれしいのだが。



問題の条件を図で示すと、左のように、850hPaと700hPaで微妙に傾いた二つの平面が上下に重なっている。

分かりやすいように、色分けした層の厚さがそれぞれ60メートルであり、この層を斜めに横切る形で、850hPaと700hPaの面が形成されている。

斜面を手前に向けたので、手前側が北になり、問題図とは上下反対になっている。

ここで、二つの平面に挟まれた黄色のボックスに着目すると、右側(西側)の高さは1500mで左側(東側)の高さは1440mである。

2つの平面に挟まれた空気の層の高さを『層厚』という。

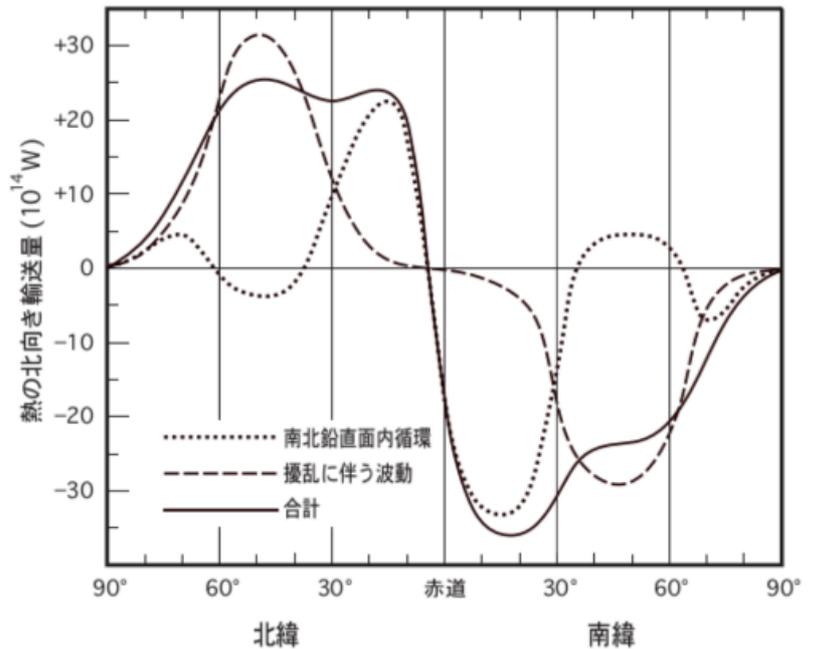
右側(西側)の層厚が左側(東側)の層厚よりも厚いので、平均気温が高いことが分かる。

こうして、選択肢(1)が導かれたのだが、理解できただろうか。

問 8:

図は大気の運動による年平均の北向き熱輸送量の緯度分布を表したもので、点線は南北鉛直面内の循環による熱輸送量を、破線は低気圧・高気圧などの擾乱に伴う波動による熱輸送量を、実線はそれらの合計すなわち大気の運動による熱輸送量を示している。

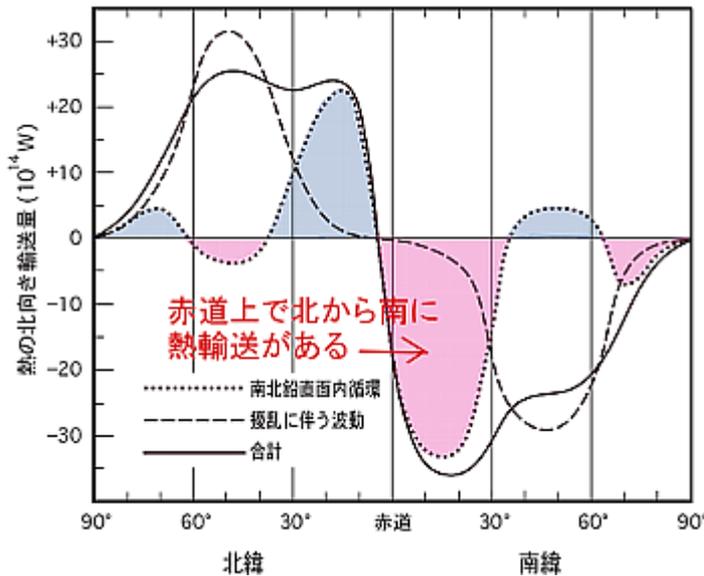
この図から、南北鉛直面内の循環によって (a) 半球から (b) 半球に熱が運ばれていること、および擾乱に伴う波動による熱輸送は両半球の緯度 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ では大気を (c) するように働いていることを読み取ることができる。また、両半球の緯度 50° 付近では南北鉛直面内の循環によって極から赤道向きにエネルギーが輸送されている。これは大気の運動の平均操作によって現れる (d) 循環に対応している。



- | | (a) | (b) | (c) | (d) |
|-----|-----|-----|-----|-------------|
| (1) | 北 | 南 | 加熱 | フェレル循環 |
| (2) | 北 | 南 | 冷却 | ブリューワドブソン循環 |
| (3) | 北 | 南 | 冷却 | フェレル循環 |
| (4) | 南 | 北 | 加熱 | フェレル循環 |
| (5) | 南 | 北 | 加熱 | ブリューワドブソン循環 |

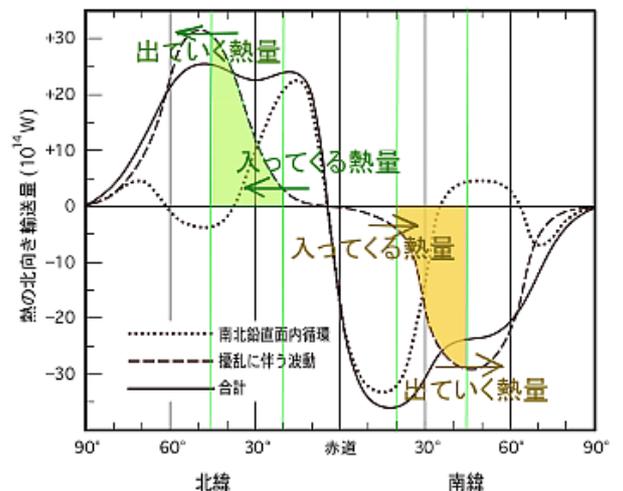
解説:

(a)(b)に関しては、次の図で判断する。

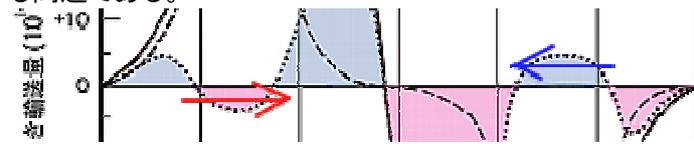


青い部分が、南から北へ熱が移動した量で、ピンクの部分が北から南に移動した熱量である。赤道上で負の値(ピンク)、つまり北半球から南半球への熱輸送があることを示している。

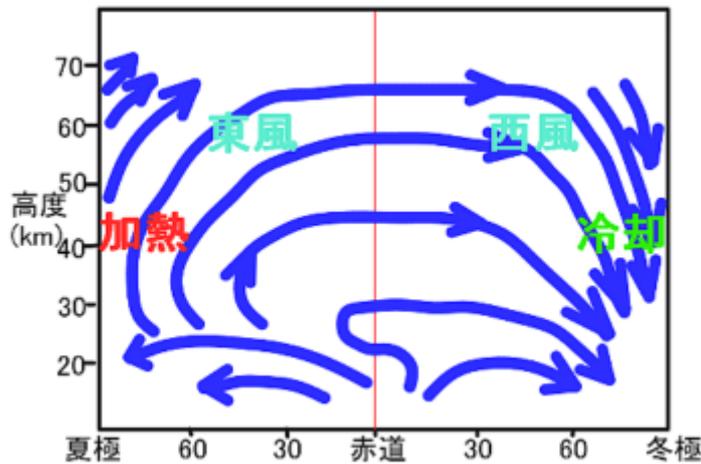
設問(c)については、右の図で見てみよう。北半球についてみると、北緯 20° で赤道側からこの領域に入ってくる熱量と、北緯 45° でこの領域から極側に出る熱量を比較すると明らかに「冷却」を意味する。方向は逆になるが、南半球でも同じことが言える。



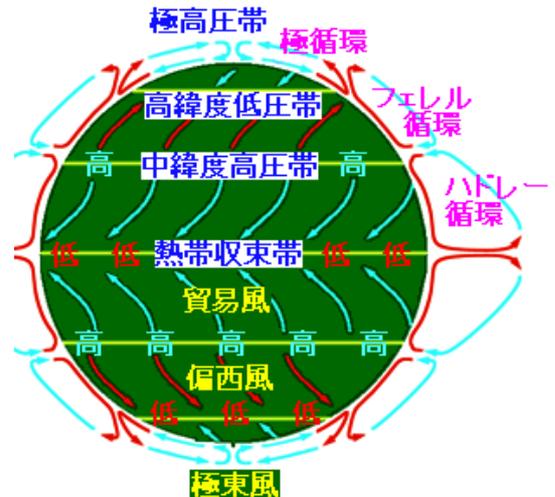
設問(d)は、下の図に示すように、北緯(南緯)50度付近では極側から赤道側への熱輸送があることに関する問題である。



選択肢は「ブリューワドブソン循環」と「フェレル循環」の二つだ。



「ブリューワドブソン循環」とは、次の図で示すように、中層大気の大気の流れであるから、北緯(南緯)50度付近に限定した循環ではない。



一方、「フェレル循環」は、この緯度領域に関わっている。図は Wikipedia より拝借した。

極側から赤道側への熱移動なら「極循環」の方が関わりが強そうだが、「極循環」の選択肢はないので「フェレル循環」になる。

正解は選択肢(2)「北、南、冷却、フェレル循環」だ。

この解答は、読者の声に掲載した hendeveane さん(2013/03/04)のアドバイスにより、全面的に書き換えました。hendeveane さんからは、ブログの拍手コメントでも同じ意見を頂いています。

どうもありがとうございました。

(2013/06/12)

読者の声:

hendeveane さん(2013/03/04):

(a)(b)については

- 解説図のピンク、ブルーの面積を比べるという説明には疑問があります。
- 面積は関係なく赤道での合計移送量の値が、約 -18×10^4 W という、負の値になっていることで、赤道面で北から南に(つまり、北半球から南半球へ)熱が運ばれているということではありませんか。

(c)については、北緯20度で北向きの熱量よりも北緯45度の減量が大きく、つまり入ってくる熱よりも出て行く熱が多いのだから冷却だと判断できる。方向が逆になるが南でも同じこと。

第 39 回一般問 9

問 9:

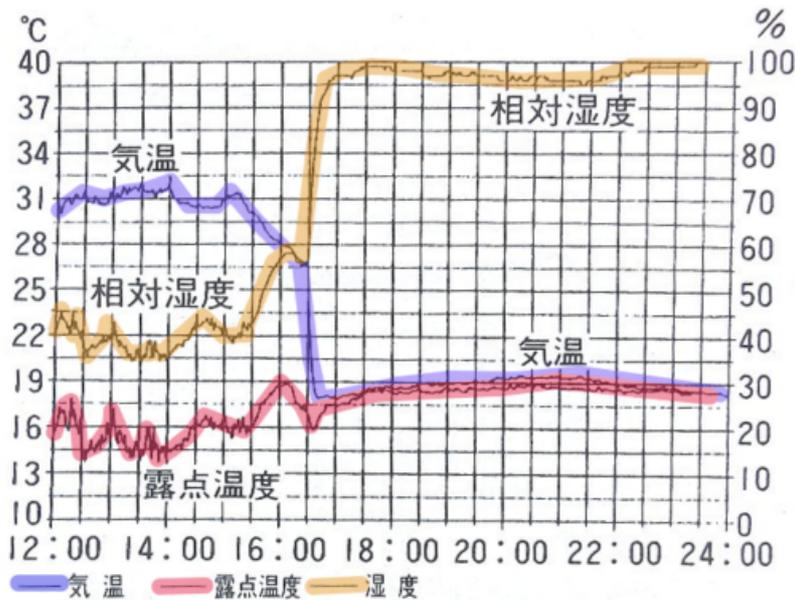
ガストフロントは局地前線の一種であり、積乱雲の中で発生した強い下降気流が勢よく地表面に到達したあと外出流となって水平に広がっていく際の先端部分のことである。ガストフロント通過時には地表では突風が吹くとともに(a)が急低下し、相対湿度は(b)する。ガストフロントに沿って(c)と呼ばれる特徴的な雲が発生することがある。

- | | (a) | (b) | (c) |
|-----|-----|-----|------|
| (1) | 気温 | 増加 | アーク雲 |
| (2) | 気温 | 増加 | ベール雲 |
| (3) | 気温 | 減少 | アーク雲 |
| (4) | 気圧 | 増加 | アーク雲 |
| (5) | 気圧 | 減少 | ベール雲 |

解説:

まずは、「一般気象学」209 ページのグラフを見ていただく。

これは、1996 年 7 月 3 日に宇都宮地方気象台の自記気象記録のデータで、ガストフロント通過時の気温と相対湿度、露点温度のグラフである。



(a) 気温・露点温度・湿度グラフ

(原図には着色されていません)

気温が急激に低下して、相対湿度が急上昇しているのが、グラフにより一目瞭然だ。

すなわち、(a)=気温で、(b)=増加が明白になったので、選択肢(3)(4)(5)が消えて、(1)と(2)に絞られた。

さて、「アーク雲」と「ベール雲」だが、これで悩んだ人も多いことだろう。

ガストフロントにアーク状(円弧状)に出来るの雲をアーク雲と言う。

理屈もへったくれもなく(c)=アーク雲である。

この問題の正解は**選択枝(1)「気温、増加、アーク雲」**だ。

ちなみに、ベール雲とは、女性が頭にかぶるベールの名を取ったもので、積雲の上部にベールを被せたよう横に広がった雲の名前だそうだ。

(2013/06/12)

第 39 回一般問 10

問 10:

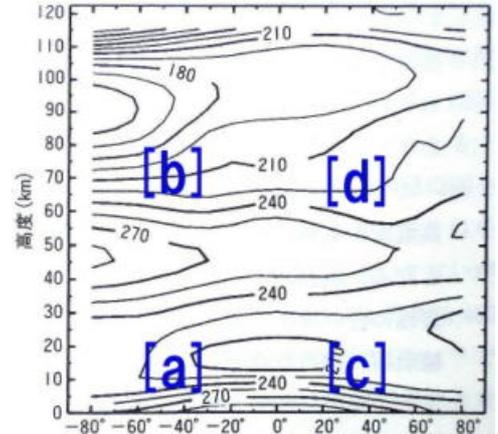
次の 1 月の緯度高度分布図に示した[a][b][c][d]点の風向が、東風か西風か答えよ。

なお、選択枝は下の(1)~(5)である。

[a][b][c][d]の順に

- (1)東西東西、
- (2)東西西東、
- (3)西東東東
- (4)西東西西
- (5)西西西西

(問題文は著しく省略しており、図は出題図そのものではありません)



解説:

中層大気と言えば、温度分布図が有名だが、この問題は温度ではない。風だ。

中層大気の風について、分かる範囲で知識を絞り出してみると、1月だから、南半球が夏半球(左側)で、北半球が冬半球(右側)に相当する。

[夏半球の上層で東風]は有名なので[b]=東を示唆しているようだ。

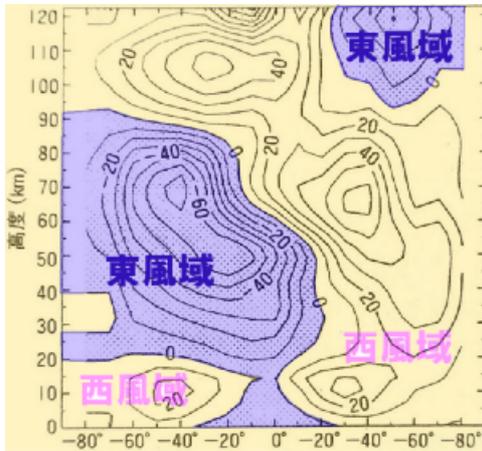
[北半球の中緯度では偏西風]は[c]に相当するので[c]=西だと思う。

それ以外の[a][d]は、まったく分からない。

実は、この段階で、選択枝は(4)に絞られてしまったのだ。

だから、[a]と[d]は知らなくても正解にたどり着いているのだ。

それはともかく、一般知識の教科書とも言われている「一般気象学(第2版)」の254ページにこんな図があった。(下左図)



(原図には着色はありません)

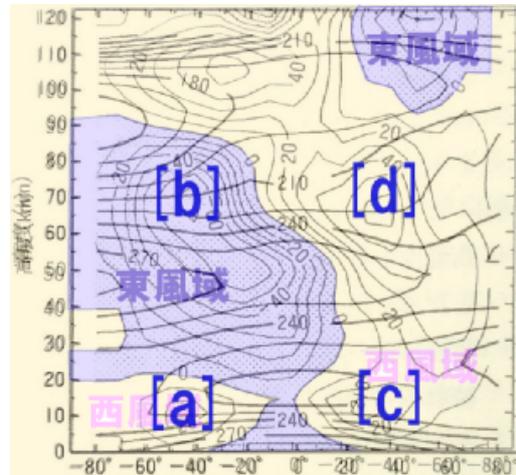
この図と、問題の図を重ね合わせてみるとこうなる。(右図)

[a][b][c][d]の位置に、もの見事に、西東西西が当てはまった。

当然ながら、正解は**選択枝(4)西東西西**である。

数少ない知識で絞り出した[b]=東、[c]=西の選択枝が決まるということは、[b]と[c]さえ正しく理解していれば他はどうでも良いという出題者の思し召しなのだろうか、それともたまたまのラッキーなのだろうか？

(2013/06/12)



読者の声:

hendevane さん(2013/05/06)

問題には「温度風を考慮して、[a]~[d]における高層風東西成分の…」とあります。温度風を考えれば答えられるということのようですが、私にはわかりません。どうなのでしょう？

北上大(2013/05/07)

hendevane さんからの指摘で、問題文を読み直してみると、「**温度風を考慮して**」と指定されており、単純に推定する問題ではありませんでした。正解は**選択枝(4)**で良いのですが、単純に当てるだけではな

く、なぜそうなったかの理由が必要です。

問題文はこうでした。

図は地表面から高度 80km までの 1 月の平均気温 (K) の緯度高度分布であり、図中の[a] ~ [d] の文字とそれに併記された口内の数値は、それぞれ同月の高層風の平均東西成分の極値の位置とその大きさ (絶対値: ms^{-1}) を示している。温度風の関係を考えて、[a] ~ [d] の各点における高層風東西成分の極値の向きを組み合わせて正しいものを、下記の① ~ ⑤の中から一つ選べ。

「温度風の関係」については、一般知識の教科書的存在である「一般気象学【第 2 版】」に次のような記載がありました。

P146 上段

このように温度の水平傾度があるために地衡風が高度とともに変化していることを温度風の関係という。北半球では高温の部分を見右に見るようにして地衡風は高さとともに増大する。対流圏内では南北方向の温度傾度は中緯度に集中しているの、中緯度地帯の上空で偏西風が最大となるわけである。

P253 中下段

中層大気では高度約 90km まで夏半球では全域東風、冬半球では全域西風というきわめて単純な分布をしている。〔中略〕図 9.1 の温度分布図と比較してみれば、温度風の関係、すなわち北半球では高温域を右手に見るように温度風は吹き、南半球では逆に左手に見るように吹くという関係が満足されていることが分かる。

文中の図 9.1 は、この問題の出題図とそっくりなものです。

北上大(2013/05/11)

温度風の関係と言う表現ですが、「一般気象学【第 2 版】」145 ページを読み直してみると、地衡風のことを言っています。地衡風は気圧傾度がある場で等圧線(等高度線)に沿って吹く風です。

大気に温度勾配があれば、高温領域が高気圧になり、低温領域が低気圧になるため、気圧傾度が発生し、それに伴って地衡風が吹く。つまり気温傾度に伴って吹く地衡風を、温度風の関係と称しているようです。

問題の図から気圧傾度を読み取ることは出来ませんが、地表からの気温の積算値で代用する試みをしました。

問題図の[a][b]点は、南緯 40 度付近なので、これをはさむ領域として南緯 25 度と南緯 55 度を定めて、高度 5km ごとの気温を読み取りました(5 度刻みの概算です)

南緯 55 度の地表気温は 280K、5km では 255K、10km では 230K です。

次に、地表から気温の積算値を計算します。

- ・南緯 55 度の地表は 280K です。
- ・高度 5km では、地表気温 280K+5km 気温 255K=535K
- ・高度 10km では、5km の積算 535K+10km 気温 230K=765K

と言う具合です。地上 80km まで積算すると 4110K となります。

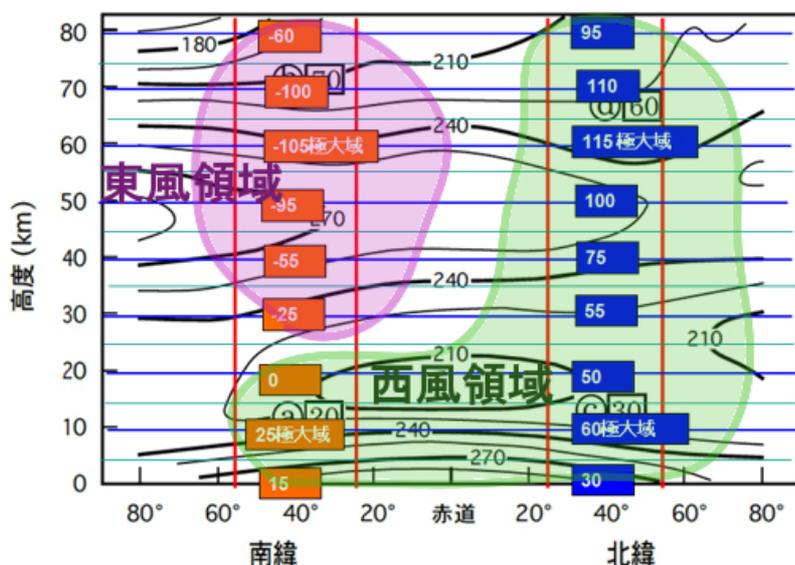
これと同じことを、南緯 25 度でも計算して地表からの積算気温を算出します。

南緯 55 度と南緯 25 度で、それぞれ同じ高度の積算気温の差を求めれば、気圧傾度に似た傾向を示すのではないかと考えました。

北緯についても、北緯 55 度と北緯 25 度の差を求めました。

赤道側をプラスにして各高度における差を図示したのが右の図です。

正の値(プラス)は赤道側が高く、負の値(マイナス)は赤道側が低い数値を意味しています。



第 39 回一般問 11

問 11:

次の(a)(b)(c)が表す気体が「二酸化炭素」「メタン」「一酸化二窒素」のいずれであるか答えよ。

(問題原文とは表現が違います)

(a)湿地帯や水田での有機物の分解、動物の腸内発酵、天然ガスの採掘などにより発生する。大気中の濃度は 19 世紀初頭から増加を続けている。

(b)各種燃料や廃棄物の燃焼等により発生する。近年、大気中の濃度は 1 年あたり約 0.25%の割合で増加している。同一分子数で比較したこの気体による温室効果は(a)よりも大きい。

(c)化石燃料の燃焼などに伴って大気中に排出される。近年、大気中の濃度は 1 年あたり約 0.4%の割合で増加している。同一分子数で比較したこの気体による温室効果は(a)よりも小さい。

(問題原文には強調文字はありません)

解説:

フロンを除いた温室効果ガス御三家の判断で、分かりやすい問題だったはずだ。

地球温暖化係数は、炭酸ガスを1としたときに、数字は覚えていなくても、二酸化炭素が一番小さく、一酸化二窒素が最大で、メタンは中間だと記憶している。

本を開いて見たら、1分子当たりの温暖化係数はこんな具合だ。

物質名	温暖化係数
二酸化炭素	1
メタン	24.5
一酸化二窒素	320

3つのキーワードを問題文の太字で示した。

(a)は牛のゲップから出ること良く知られており、発生源として「動物の腸内発酵」とあるので、メタンで決まりだ。

(b)は、温室効果が(a)のメタンより大きいので、一酸化二窒素になる。

少し気になったのは、毎年が増加率が 0.25%とあるが、そんなに増えているのだろうかという点だった。でも、メタンよりも温室効果が大きいことから一酸化二窒素しかない。

気象庁のサイト「[一酸化二窒素濃度の経年変化](#)」などで調べてみたら、2011 年の世界の平均濃度は 324.2ppb で、過去 10 年間の平均年増加量は 0.77 ppb/年だった。割り算をしてみると、0.24%となり、問題文と相違していなかった。

(c)は残りの二酸化炭素になるわけだが、温暖化係数が(a)のメタンより小さいことが決定的な要因である。

他に、化石燃料の燃焼や、濃度の増加率が大きい点も二酸化炭素であることを示している。

(a)メタン、(b)一酸化二窒素、(c)二酸化炭素の順に並んでいる解答の選択肢は(4)だ。

正解は選択肢(4)である。

おそらく、多くの人にとってサービス問題だったと思う。

ここでポイントを落としてはいけない。

第 39 回一般問 12

問 12:

予報業務の許可申請の条件として定めている次の文章の正誤を答えよ。

- | | (a) | (b) | (c) | (d) |
|---|-------|-----|-----|-----|
| (a) 当該予報業務に必要な観測その他の予報資料を収集する施設及び要員 | (1) 正 | 正 | 正 | 誤 |
| (b) 予報の種類に応じて気象庁が指定して提供する予報資料を受け取ることができる専用の施設及び要員 | (2) 正 | 誤 | 正 | 誤 |
| (c) 当該予報業務の目的及び範囲に係る気象庁の警報事項を迅速に受けることができる施設及び要員 | (3) 正 | 誤 | 正 | 正 |
| (d) 予報事項を利用者に迅速に伝達できる施設及び要員 | (4) 誤 | 正 | 誤 | 正 |
| | (5) 誤 | 誤 | 誤 | 正 |

(問題原文とは一部表現が違います。原文には強調文字はありません)

解説:

法律で、予報業務の許可の基準として、施設及び要員を定めているのは、次の通りである。

気象業務法 (昭和二十七年六月二日法律第百六十五号)

(許可の基準)

第十八条 気象庁長官は、前条第一項の規定による許可の申請書を受理したときは、次の基準によつて審査しなければならない。

- 一 当該予報業務を適確に遂行するに足りる**観測その他の予報資料の収集及び予報資料の解析の施設及び要員**を有するものであること。
- 二 当該予報業務の目的及び範囲に係る**気象庁の警報事項を迅速に受けることができる施設及び要員**を有するものであること。

これ以外に、許可条件として施設及び要員を規定している文章はない。

すなわち、(a)と(c)が「正」で、(b)「予報資料を受け取ること」と(d)「利用者に迅速に伝達できる」に関しては規定がないので「誤」である。

したがって、**正解は選択肢(2)「正誤正誤」**である。

施設及び要員以外の許可条件としては、18 条の続きの条文で次のように定められている。

三 地震動及び火山現象の予報以外の予報の業務を行おうとする場合にあつては、当該予報業務を行う事業所につき、第十九条の二の要件を備えることとなつていること。(気象予報士を配置する)

四 地震動又は火山現象の予報の業務を行おうとする場合にあつては、当該予報業務のうち現象の予想の方法が国土交通省令で定める技術上の基準に適合するものであること。

2 気象庁長官は、前項の規定により審査した結果、その申請が同項の基準に適合していると認めるときは、次の場合を除いて許可しなければならない。

- 一 許可を受けようとする者が、この法律の規定により**罰金以上の刑**に処せられ、その執行を終わり、又はその執行を受けることがなくなつた日から二年を経過しない者であるとき。
- 二 許可を受けようとする者が、第二十一条の規定により**許可の取消し**を受け、その取消しの日から二年を経過しない者であるとき。
- 三 許可を受けようとする者が、法人である場合において、その**法人の役員**が第一号又は前号に該当する者であるとき。

許可不適格条件の期限が 2 年間であることも良く出題されるので、覚えておこう。

(2013/06/12)

問 13:

気象または(a)の予報業務の許可を受けた者が配置しなければならない気象予報士の数は、その事業所で現象の予想を行う(b)に応じて定められており、(c)ときには3名以上の気象予報士を置かなければならない。

	(a)	(b)	(c)
(1)	波浪	対象の府県の数	3府県を越える
(2)	地象	1日あたりの時間数	8時間以下の
(3)	波浪	1日あたりの時間数	8時間を越え16時間以下の
(4)	地象	対象の府県の数	1府県を越え3府県以下の
(5)	波浪	1日あたりの時間数	6時間を越える

解説:

気象予報士の配置数は、1日あたりの時間に応じて定められているのは、受験者なら誰でも知っていることだ。これを知らない受験者はまずいないだろう。

その内容は、規則の中にこんな風に書かれている。

気象業務法施行規則(昭和二十七年十一月二十九日運輸省令第百一号)

(気象予報士の設置の基準)

第十一条の二 法第十七条第一項の規定により許可を受けた者(地震動又は火山現象の予報の業務のみの許可を受けた者を除く。)は、予報業務のうち現象の予想を行う事業所ごとに、次の表の上欄に掲げる**一日当たりの現象の予想を行う時間に応じて**、同表の下欄に掲げる人数(一週間当たりの現象の予想を行う日数その他の事情を考慮して、当該事業所において現象の予想が行われる間、一人以上の専任の気象予報士が当該予想に従事できるものと気象庁長官が認める場合にあっては、当該下欄の人数から一人減じた人数)以上の専任の気象予報士を置かなければならない。

一日当たりの現象の予想を行う時間	人員
八時間以下の時間	二人
八時間を越え十六時間以下の時間	三人
十六時間を越える時間	四人

条文から明らかなように、配置人数は1日あたりの時間で決められており、3人以上となれば8~16時間が該当する。

実は、上の選択枝を見ると明らかなように、「8~16時間」は一つしかないので、これを選ぶと自動的に選択枝(3)に決まってしまうのだ。

とすると、(a)の答えは必然的に「波浪」になり、「地象」はまったく関係ないことになる。

(a)の答えが「波浪」か「地象」かで悩んで「地象」を選び、(c)の8~16時間を捨てる人はいないと思う。

予報業務の範囲については次のような定めがある。

気象業務法(昭和二十七年六月二日法律第百六十五号)

(予報業務の許可)

第十七条 気象庁以外の者が気象、地象、津波、高潮、波浪又は洪水の予報の業務(以下「予報業務」という。)を行おうとする場合は、気象庁長官の許可を受けなければならない。

2 前項の許可は、予報業務の目的及び範囲を定めて行う。

これを見ると、「地象」でも「波浪」でも問題ないと読める。

正解は**選択枝(3)**である。

(2013/06/12)

第 39 回一般問 14

問 14:

次の(a)~(d)各文の正誤を答えよ。(問題原文とは表現が違います)

(a) 気象庁は、気象、地象(地震は地震動に限る)、津波、高潮、波浪及び洪水についての**一般の利用に適合**する予報及び警報をしなければならない。

(b) 気象庁は、津波、高潮、波浪及び洪水**以外**の水象についての**一般の利用に適合**する予報及び警報をすることができる。

(c) 気象庁は、気象、津波、高潮及び洪水についての**水防活動の利用に適合**する予報及び警報をしなければならない。

(d) 気象庁は、津波、高潮及び洪水**以外**の水象についての**水防活動の利用に適合**する予報及び警報をしなければならない。

(問題原文には強調文字の指定はありません)

- | | (a) | (b) | (c) | (d) |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| (1) | 正 | 正 | 正 | 正 |
| (2) | 正 | 正 | 正 | 誤 |
| (3) | 正 | 誤 | 正 | 誤 |
| (4) | 誤 | 正 | 誤 | 誤 |
| (5) | 誤 | 誤 | 誤 | 正 |

解説:

(a)~(d)の4つの文章があるが、ポイントは強調文字で示したところの違いである。一つずつ確認してみよう。

(a)については、次のように法律13条と同じことが書いているので「正」だ。

気象業務法(昭和二十七年六月二日法律第百六十五号)

第十三条 気象庁は、政令の定めるところにより、気象、地象(地震にあつては、地震動に限る。第十六条を除き、以下この章において同じ。)、津波、高潮、波浪及び洪水についての**一般の利用に適合**する予報及び警報をしなければならない。

(b)についても、法律に書いてある通りだから「正」である。

気象業務法(昭和二十七年六月二日法律第百六十五号)

第十三条 2 気象庁は、前項の予報及び警報の外、政令の定めるところにより、津波、高潮、波浪及び洪水**以外**の水象についての**一般の利用に適合**する予報及び警報をすることができる。

(c)も同様に、法律の条文通りであるから「正」だ。

気象業務法(昭和二十七年六月二日法律第百六十五号)

第十四条の二 気象庁は、政令の定めるところにより、気象、津波、高潮及び洪水についての**水防活動の利用に適合**する予報及び警報をしなければならない。

ここまで来たら、(d)も正しいのかと思ったが、気象業務法にも規則にも政令にも、そして水防法にも、(d)の表現[津波、高潮及び洪水**以外**の水象についての**水防活動の利用に適合**]がない。

(「一般の利用に適合」だけである)

(b)とほとんど同じようなことだから「正」でも良いような気がするのだが、どうやら(d)は「誤」のようだ。紛らわしいなあ。

結局「正正正誤」となり、解答欄の選択枝の中では**正解は選択枝(2)「正正正誤」となる。**

(2013/06/12)

第 39 回一般問 15

問 15:

気象庁長官は、気象等の状況により洪水、津波又は(a)のおそれがあると認められるときは、その状況を国土交通大臣及び関係(b)に通知するとともに、必要に応じ(c)の協力を求めて、これを(d)に周知させなければならない。

国土交通大臣は、二以上の都府県の区域にわたる河川その他の流域面積が大きい河川で洪水により国民経済上重大な損害を生ずるおそれがあるものとして指定した河川について、気象庁長官と共同して、洪水のおそれがあると認められるときは(e)を示して当該河川の状況を関係(b)に通知するとともに、必要に応じ(c)の協力を求めて、これを(d)に周知させなければならない。

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
(1)	高潮	都道府県知事	市町村長	居住者及び 滞在者	水位又は流量
(2)	浸水	指定地方行政機関	報道機関	一般	予想浸水区域 及び水深
(3)	高潮	指定地方行政機関	都道府県知事	市町村長	水位又は流量
(4)	浸水	都道府県知事	都道府県知事	市町村長	予想浸水区域 及び水深
(5)	高潮	都道府県知事	報道機関	一般	水位又は流量

解説:

法律条文と照らし合わせてみよう。

まず、前段のパラグラフについて。

水防法(昭和二十四年六月四日法律第九十三号)

第十条 気象庁長官は、気象等の状況により洪水、津波又は**高潮**のおそれがあると認められるときは、その状況を国土交通大臣及び関係**都道府県知事**に通知するとともに、必要に応じ放送機関、新聞社、通信社その他の**報道機関**(以下「報道機関」という。)の協力を求めて、これを**一般**に周知させなければならない。

続いて、後段のパラグラフ。

水防法(昭和二十四年六月四日法律第九十三号)

第十条

2 国土交通大臣は、二以上の都府県の区域にわたる河川その他の流域面積が大きい河川で洪水により国民経済上重大な損害を生ずるおそれがあるものとして指定した河川について、気象庁長官と共同して、洪水のおそれがあると認められるときは**水位又は流量**を、はん濫した後においては水位若しくは流量又ははん濫により浸水する区域及びその水深を示して当該河川の状況を関係**都道府県知事**に通知するとともに、必要に応じ**報道機関**の協力を求めて、これを一般に周知させなければならない。

「予想浸水区域及び水深」も法律条文に出てくるのだが、はん濫した後のことだ。

この文章は法律の条文通りなので、何の迷いもなく**正解は選択枝(5)**である。

(2013/06/12)