理学部理学科地球環境科学コースの出題例（学校推薦型選抜）

地球環境科学コースでは，以下のような問題を出題し，時間内（90 分）での解答を求めます。なお、これはあくまで出題のイメージを理解いただくための例題であり，実際の出題において取り上げるテーマや問題の分量などは年度によって変わります。

問題　地球の気温に関する以下の問 1～問 2 に答えよ。

問 1　次の文章を読み，続く問に答えよ。

地球温暖化とは，地球規模で生じる平均気温の長期的な上昇である。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）が 2021～2023 年に発行した第 6 次報告書によれば，世界の平均気温は，1850～1900 年を基準にすると，現在（2011～2020 年）までに約 1 ℃上昇した。同報告書は，この気温上昇の主な要因が人間活動に伴って排出された温室効果ガス（とくに二酸化炭素）であることが，ほぼ確実であると結論した。また，今後数十年間の温室効果ガスの排出量を現在より大幅に抑制しなければ，世界の平均気温は 21 世紀末までに 2 ℃以上，上昇する可能性が高いと予測した。それに加えて，地球温暖化に伴って以下の現象がこれまで発生しており，今後も進行するとした。

- 平均海水温の上昇と平均海面水位の上昇。
- 海洋表層の海水の pH の低下。
- 積雪，永久凍土，氷床，海氷の減少。
- 極端な現象（高気温，大雨，洪水，干ばつなど）の頻度の増加。
- 強い熱帯低気圧の頻度の増大。

問　上述の IPCC 第 6 次報告書の主張を前提とし，次ページの図 1～図 3 と資料 1 を参考にして，地球温暖化の要因，および生態系と人間社会への影響について 600 字以内で説明しなさい。その際には，以下の観点を含めること。

1. 温室効果ガスの増加が平均気温を上昇させるしくみ。
2. 海洋表層の海水の pH が低下する理由。

図 1.　大気と地表のエネルギー収支。大気圏外・大気圏・地表の間で生じるエネルギー放射の向きと量を表す。太陽から大気に入射する放射（太陽放射）は可視光線（波長 約 0.4 μm ~ 0.8 μm）が最も強く，地表や大気からの放射は赤外線（波長 約 4 μm ~ 100 μm）である。

著作権処理未完了のため図を省略します。内容は以下のリンク先の図（日本天文学会 天文学辞典「温室効果」より）を簡略化したものです。同様な趣旨の図が高校の地学の教科書の多くに掲載されています。
https://astro-dic.jp/wp-content/uploads/energy-balance.png

図 2.　地表から放射される赤外線と，大気上端から大気圏外に放射される赤外線の波長ごとのエネルギー量。2 つの曲線の差が大気による吸収量を表す。図中の H_2O や CO_2 などの分子式は，それぞれの大気構成気体がどの波長の放射をよく吸収するかを示す。なお太陽放射の波長は概ね 4 μm 以下であり，太陽放射に多く含まれる可視光線は，大気にほとんど吸収されずに地表に届く。

著作権処理未完了のため図を省略します。内容は以下のリンク先の図（国立環境研究所地球環境研究センター「ココが知りたい地球温暖化」より）に近いものです。
https://www.cger.nies.go.jp/imgs/qa/figure/science/Q9-1.png

図 3.　大気中の二酸化炭素濃度（ppm）の長期的変化。上図は西暦 1850 年～2020 年，下図は過去 80 万年間の変化。

著作権処理未完了のため図を省略します。内容は以下のリンク先の図（国立環境研究所地球環境研究センターニュース 2021 年 3 月号 Vol. 31 No. 13（通巻 364 号）より）に近いものです。
https://cger.nies.go.jp/assets/images/cgernews/202103/364001-fig01.gif

資料 1.　二酸化炭素が水に溶解したときに生じる化学反応。

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows HCO_3^- + H^+ \rightleftarrows CO_3^{2-} + 2H^+$$

問 2　地球の北半球の平均気温は緯度（北緯）の関数であり，北緯 θ の地点での平均気温 T（単位：℃）が以下の式で表されると仮定する。

$$T(\theta) = T_0 + T_1 \cos\theta$$

ただし，T_0 と T_1 は定数である。簡単のため，現在の気候では，北緯 60° の地点の平均気温が 0 ℃であり，赤道（北緯 0°）と北極点（北緯 90°）の平均気温の差が 50 ℃であると近似しよう。地球温暖化によって，将来の平均気温が，すべての緯度で現在より一律に 5 ℃上昇すると仮定する。ただし，地球温暖化によって定数 T_1 は変化しないものとする。以下では，このように平均気温が上昇した後の気候を「将来の気候」と呼ぶことにする。このとき，以下の (i)～(iii) の問に答えよ。必要に応じて，次ページの三角関数表（表 1）を用いてよい。

(i)　将来の気候では，平均気温が 0 ℃である北緯はおおよそ何度になるか。その値を整数で答えよ。計算方法も明記すること。

(ii)　地球を半径 R の球と仮定し，図 4 により距離 h を定義する。h は北緯 θ の緯線で囲まれた平面と北極点との距離を表す。R, θ, およびそれらを含む三角関数を用いて h を表せ。

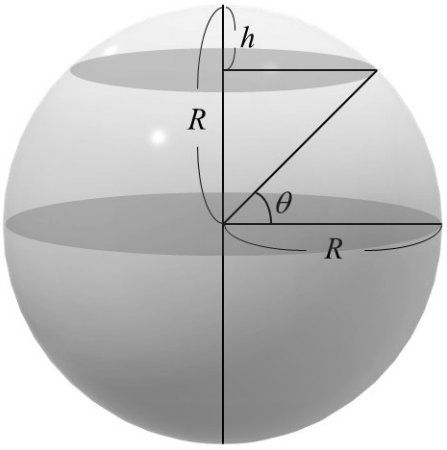

図 4.　地球の模式図と距離 h の定義

(iii)　北緯が θ 以上の地域の面積 S は，以下の式で与えられる。

$$S(\theta) = 2\pi Rh$$

将来の気候において，平均気温が 0 ℃以下となる地域の面積は，現在の気候でのそれの何倍になるか。計算過程を明記して，有効数字 2 桁で求めよ。

表 2.　三角関数表

θ（度）	$\sin\theta$	$\cos\theta$
0	0.000	1.000
1	0.018	1.000
2	0.035	0.999
3	0.052	0.999
4	0.070	0.998
5	0.087	0.996
6	0.105	0.995
7	0.122	0.993
8	0.139	0.990
9	0.156	0.988
10	0.174	0.985
11	0.191	0.982
12	0.208	0.978
13	0.225	0.974
14	0.242	0.970
15	0.259	0.966
16	0.276	0.961
17	0.292	0.956
18	0.309	0.951
19	0.326	0.946
20	0.342	0.940
21	0.358	0.934
22	0.375	0.927
23	0.391	0.921
24	0.407	0.914
25	0.423	0.906
26	0.438	0.899
27	0.454	0.891
28	0.470	0.883
29	0.485	0.875
30	0.500	0.866

θ（度）	$\sin\theta$	$\cos\theta$
30	0.500	0.866
31	0.515	0.857
32	0.530	0.848
33	0.545	0.839
34	0.559	0.829
35	0.574	0.819
36	0.588	0.809
37	0.602	0.799
38	0.616	0.788
39	0.629	0.777
40	0.643	0.766
41	0.656	0.755
42	0.669	0.743
43	0.682	0.731
44	0.695	0.719
45	0.707	0.707
46	0.719	0.695
47	0.731	0.682
48	0.743	0.669
49	0.755	0.656
50	0.766	0.643
51	0.777	0.629
52	0.788	0.616
53	0.799	0.602
54	0.809	0.588
55	0.819	0.574
56	0.829	0.559
57	0.839	0.545
58	0.848	0.530
59	0.857	0.515
60	0.866	0.500

θ（度）	$\sin\theta$	$\cos\theta$
60	0.866	0.500
61	0.875	0.485
62	0.883	0.470
63	0.891	0.454
64	0.899	0.438
65	0.906	0.423
66	0.914	0.407
67	0.921	0.391
68	0.927	0.375
69	0.934	0.358
70	0.940	0.342
71	0.946	0.326
72	0.951	0.309
73	0.956	0.292
74	0.961	0.276
75	0.966	0.259
76	0.970	0.242
77	0.974	0.225
78	0.978	0.208
79	0.982	0.191
80	0.985	0.174
81	0.988	0.156
82	0.990	0.139
83	0.993	0.122
84	0.995	0.105
85	0.996	0.087
86	0.998	0.070
87	0.999	0.052
88	0.999	0.035
89	1.000	0.018
90	1.000	0.000