

令和6

小論文 B

(180点
50分)

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は、白紙を除いて、4ページあります。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答は、〔令6 解答用紙〕に記述しなさい。
- 4 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

問 題 次の惑星の表層環境に関する文章を読み、後の問い（問1～問4）に答えよ。

地球は温暖湿潤な環境をもった惑星である。生命の存在も、液体の水（海洋）が存在できる環境のおかげである。これに対して、地球の隣の軌道を回っている金星と火星の表層環境は、地球とは対照的である。金星表面は灼熱の世界であり、火星表面は酷寒の世界である。どちらの惑星も、液体の水は存在できない。

しかし、これはあくまでも現在の惑星環境の比較であることに注意したい。太陽系が誕生してから約 46 億年が経過しているが、過去においてもこれらの惑星環境がずっと変わらなかった、という保証はないからである。

そもそも惑星の表層環境の成立には、いくつかの要素が関係している。1 つは太陽からの放射エネルギーである。これは、太陽の明るさ（太陽光度）と太陽からの距離によって決まる。ただし、太陽放射の一部は大気中の雲や地表面で反射されてしまう。したがって、実際に惑星が受け取るエネルギーは、太陽放射を反射する割合（アルベド^{注1}）によって決まる。一方、太陽放射によって暖められた惑星表面からは、その温度に応じた赤外線が放射される。これを惑星放射とよぶ。惑星が受け取る正味の太陽放射と惑星放射は常に釣り合っている。両者が釣り合う温度を、有効放射温度とよぶ。

実際の惑星の地表面温度は、有効放射温度とは異なる。これは、惑星大気の温室効果の影響によるものである。例えば、地球の有効放射温度は 255K^{注2}（-18℃）だが、実際の地表面温度は平均で 288K（15℃）である。その差の 33K（33℃）は大気の温室効果によるものだ。

（中略）

以上のことから、惑星の表層環境は、太陽の明るさ、アルベド、温室効果という 3 つの要素に規定されているといえる。これらはみな、太陽系が誕生した約 46 億年前から一定であったというわけではない。太陽はその進化とともにだんだん輝きを増していることが知られているし、大気の組成も時間とともに変わってきた可能性が示唆されている。これらの要素が変わることで、惑星の表層環境は大きな影響を受けてきた可能性が考えられる。

〔出典：田近英一，2008「惑星環境の変動と進化」，宮本英明ほか編『惑星地質学』東京大学出版会，pp. 87-88. を一部改変〕

注1：アルベドは 0～1 で表し、数値が 1 に近いほど反射率が 100%に近い

注2：K は絶対温度を示し、 $T(K) = t(^{\circ}C) + 273$ である

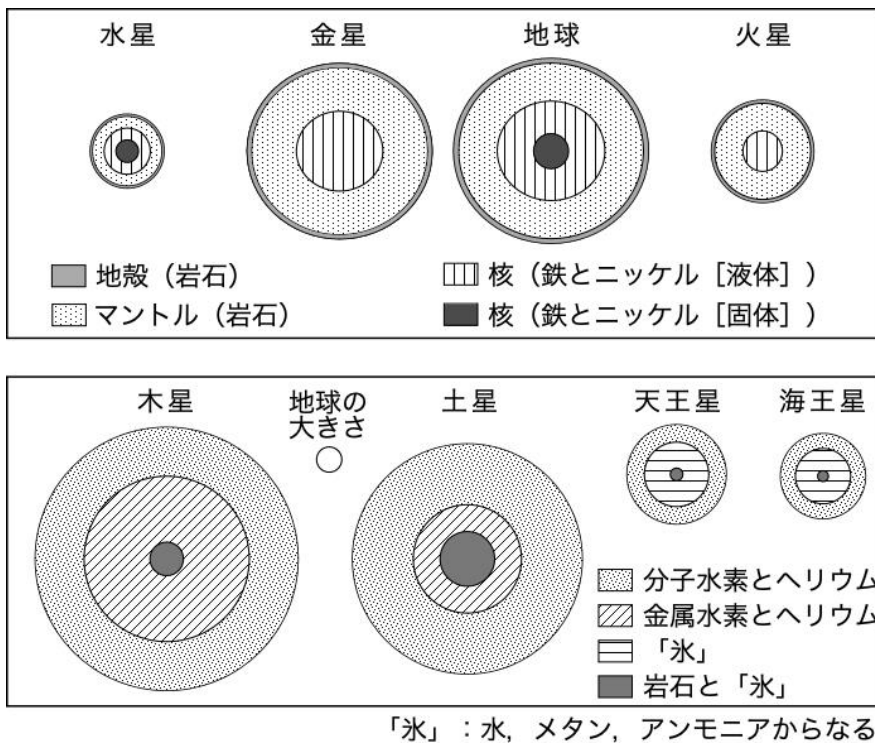


図1 惑星の内部構造の模式図

表1 地球型惑星の表層環境に関するデータ

	太陽からの平均距離(※)	平均受熱量(※)	アルベド	平均の地表面温度(°C)	主な大気組成	地表面の平均気圧(atm)
水星	0.39	6.67	0.08	167	-	-
金星	0.72	1.91	0.76	464	CO ₂	90
地球	1	1	0.30	15	N ₂ , O ₂	1
火星	1.52	0.43	0.25	-65	CO ₂	0.006

※地球を1とした時の値

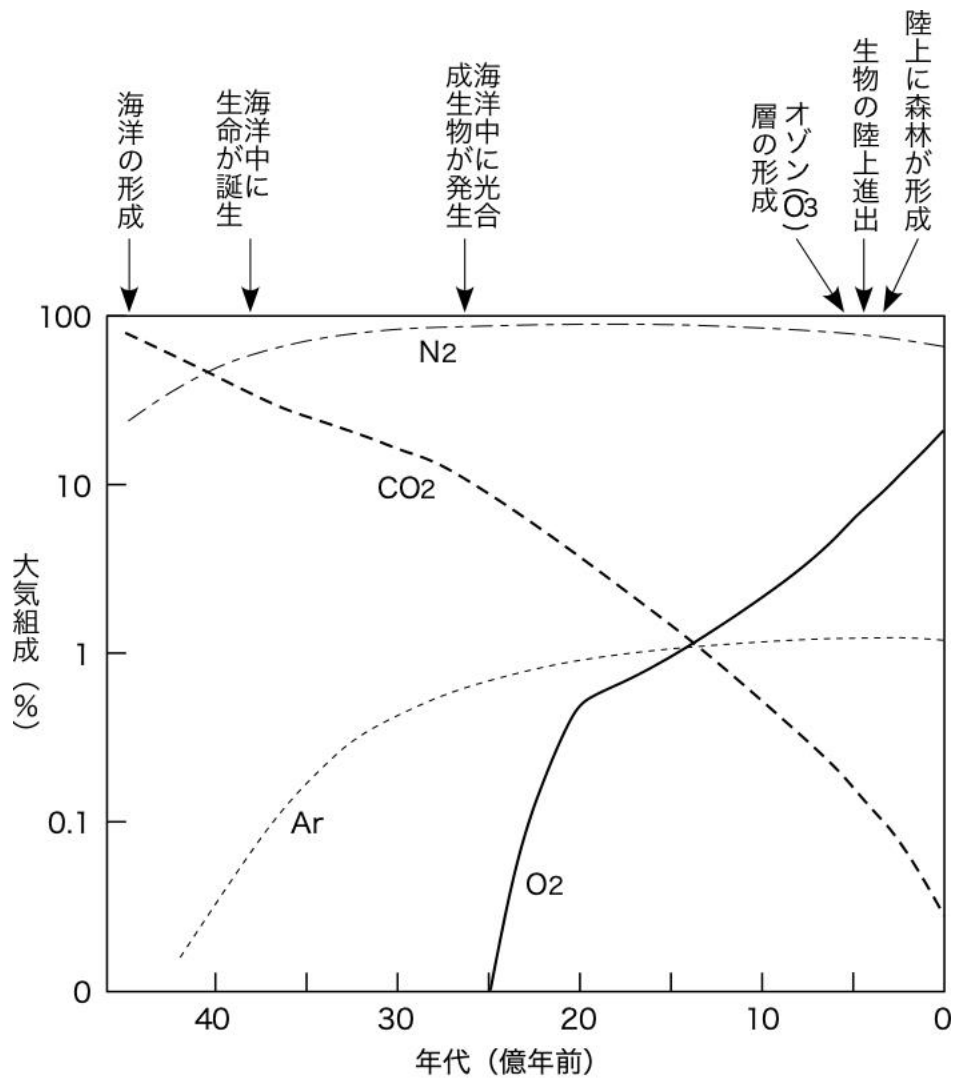


図2 地球の大気組成の変化

問1 太陽系の惑星のうち、内側の4つを地球型惑星、外側の4つを木星型惑星と呼ぶ。惑星の内部構造については未解明のことが多いが、図1は内部構造を推定した模式図の1つである。図1から読み取れる地球型惑星の内部構造の共通点を50字以内で簡潔に述べよ。[30点]

問2 金星の平均受熱量は地球の1.91倍であるにもかかわらず、その有効放射温度は227K(-46℃)と地球の255K(-18℃)より低い。表1のデータを引用して、その原因を40字以内で説明せよ。[40点]

問3 表1にあるように金星の地表面温度は平均で737K(464℃)と推定されている。表1のデータを引用して、地球より高い金星の地表面温度の原因を50字以内で説明せよ。[40点]

問4 表1に示したように金星と火星に対して、現在の地球は大気組成が大きく異なっている。これは、本文中の下線部アにあるように地球の大気組成が変化してきた結果だと考えられる。図2は地球の誕生から現在までの大気組成の変化を推定したものである。まず、CO₂とO₂の比率がどのように変化してきたかを簡潔に記し、図2から読み取れる地球上に起きた変化を190字以内で説明せよ。[70点]

出典：問題中の図表は以下の文献に基づき作成した。

Genova, A., et al., 2019, Geodetic Evidence That Mercury Has A Solid Inner Core, *Geophysical Research Letters*, 46, 7, pp. 3625-3633.

宇宙航空研究開発機構, 「金星の概要」, https://www.jaxa.jp/countdown/f17/overview/venus_j.html
2023年7月25日アクセス

Yoshizaki, T., McDonough, W. F., 2020, The composition of Mars, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 273, 15, pp. 137-162.

佐藤毅彦, 2008 「木星型惑星」, 渡部潤一ほか編『太陽系と惑星』日本評論社, pp. 66-67.

井口智長ほか著編, 2023 『高等学校地学基礎』数研出版, p. 205.

国立天文台編, 2021 『理科年表 2022』丸善出版.

NASA, Planetary Fact Sheet, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/> 2023年10月13日アクセス

天野一男ほか編, 2023 『地学基礎』実教出版, p. 120.

松井孝典, 1996 「地球システムの安定性」, 鳥海光弘ほか著『地球システム科学』岩波書店, p. 203.