

予習問題

1. 地球温暖化、オゾン層破壊、生物多様性の危機、海洋汚染、開発途上国の環境問題(森林破壊、砂漠化など)がある。
2. 地球の表面は、太陽からの放射エネルギーによって温められている。温められた地表からは赤外線形で熱が放射されるが、この赤外線が大気中に含まれる温室効果ガス(Green House Gas: GHG)に吸収されることで地球表層はさらに温められている。これを温室効果 (green house effect) とよぶ。温室効果ガスは、地球の表面を適度に温める役割を果たしている。しかし 18 世紀以降、産業活動が活発化するとともに温室効果ガスの増加が確認されており、地球の平均気温は年々上昇している。このように人為的な要因で温室効果ガスが増加し、地球の気温が上昇する現象を地球温暖化(global warming)と呼んでいる。
3. まず、地球上の気温が上昇することで、海水温も上昇して海水が膨張し、海面が上昇する。さらに高山地帯や南極に存在する永久凍土や氷が溶け、海に流れ出ることでも海水面は上昇する。海面の上昇により、海拔の低い土地では高潮や浸水の危険性が高まっており、さらに深刻になると居住地そのものが奪われる可能性も懸念されている。また、地球温暖化により大気や海洋の温度が上昇すると気象にも影響をおよぼすと考えられており、台風の大型化やゲリラ豪雨の発生頻度の増加などが危惧されている。さらにこうした気象の変化は、農作物にも影響を与え、十分な収穫量が得られないことで価格が高騰したり、これまで適地であった農作物が気温の変化で作れなくなったりすることも予想される。他にも、生物多様性の低下をまねくことも懸念されている。地球温暖化により種の進化よりも速い速度で環境が変化した場合、生息地の移動や進化の速度が追いつかず絶滅する生物があらわれる可能性が考えられる。

演習問題 A

2-A1

気体名 (化学式)	GWP (100 年)
二酸化炭素 (CO ₂)	1
メタン (CH ₄)	27.9
一酸化二窒素 (N ₂ O)	273
HFCs (ハイドロフルオロカーボン類)	1430 など
PFCs (パーフルオロカーボン類)	7380 など
SF ₆ (六フッ化硫黄)	24300
NF ₃ (三フッ化窒素)	17400

出典: IPCC 第 6 次評価報告書

2-A2

課題	発牛理由・メカニズム
① 海面上昇	気温上昇によって氷河や氷床が融解し、また海水が熱膨張することで海面が上昇。沿岸部の浸水、土地の消失、塩害などが発生。
② 異常気象の増加（猛暑・豪雨・干ばつなど）	世界の気象が変化し、極端な天候（極端現象）の頻度と強度が増加。熱波や集中豪雨、干ばつのリスクが高まる。
③ 生態系の崩壊・生物多様性の減少	生物の生息環境が変化し、気温や降水の変化に適応できない種が絶滅。生態系の分布が変化する。
④ 食料生産への影響	干ばつ、洪水、病害虫の増加により農業や漁業が不安定化。
⑤ 水資源の不足	気温上昇により雪や氷河の融解時期が早まり、乾季の水供給が減少。干ばつの増加により地下水も枯渇しやすくなる。
⑥ 健康への影響	熱中症の増加、感染症（マラリア、デング熱など）の拡大、食料不足による栄養不良など人間の健康への脅威が増す。
⑦ 経済的損失の増大	農業・漁業・観光業の打撃、災害対応費用の増加、インフラの損傷などにより国や地域経済に甚大な損失が発生。

2-A3

課題	背景
① 森林破壊（熱帯雨林の減少）	農地拡大、商業伐採、焼き畑など
② 大気汚染	工業化・都市化の進展に伴い、自動車や工場からの排ガス、屋外でのごみ焼却などにより深刻な大気汚染が発生。
③ 廃棄物処理問題	都市人口の急増、収集・分別システムの不備、先進国からの電子ごみの輸入
④ 水質汚染	工場排水、生活排水の無処理

演習問題 B

1-B1

- ・海洋の平均水温：15℃
- ・将来の水温上昇：4.4℃
- ・海水の熱膨張係数（体積膨張率）：平均約 0.000214/℃（15℃付近の値）
- ・海洋の平均深さ：約 3700m
- ・水温が一様に全深度で上昇する（＝簡略モデル）

熱膨張による水深の増加（ Δh ）：

$$\Delta h = \beta \times \Delta T \times H$$

- ・ β ：体積膨張係数（1/℃）
- ・ ΔT ：温度上昇（℃）
- ・ H ：海洋の深さ（m）

$$\Delta h = 0.000214 \times 4.4 \times 3700 = 3.48 \text{ m}$$

実際の IPCC_AR6 報告書では、海面上昇は最大で約 1.1m 程度とされている。これは、海洋の全層が一様に温まるわけではなく表層の水温だけが上昇することによる（深海は温まりにくい）。

上の計算はあくまで理論的な簡略モデルである。

2-B2

オゾンホール問題は、国際社会が協力して環境問題に取り組み、成果を上げた代表的な成功例とされている。1980年代、南極上空におけるオゾン層の深刻な破壊が確認され、原因が冷蔵庫やスプレーなどに使われていたフロンガス

(CFCs)であることが科学的に明らかになった。この事実を受けて、国際社会は1987年に「モントリオール議定書」を採択し、オゾン層を破壊する物質の段階的な削減と廃止に合意した。

この議定書の大きな特徴は、先進国と発展途上国の違いを考慮しながらも、全ての国が参加できるようにした点である。発展途上国には猶予期間を設けるとともに、技術移転や資金援助を通じて協力体制を築いた。また、科学的知見の進展に応じて対象物質や規制内容を柔軟に見直せる仕組みも設けられた。その結果、フロン類の排出は世界的に大幅に減少し、現在ではオゾン層の回復が確認されるまでに至っている。

このような国際的な協調の枠組みは、現在、地球温暖化問題への対応にも応用されている。たとえば、2015年に採択された「パリ協定」では、すべての国が自主的に温室効果ガスの削減目標（NDC）を設定し、気候変動の進行を1.5～2℃以内に抑えることを目指している。この協定でも、発展途上国に対する支援措置や技術協力が明記されており、モントリオール議定書で実績を上げた方式が踏襲されている。

したがって、オゾンホールの問題が国際的な連携と制度設計によって克服に向かっていることは、他の地球規模の環境問題の解決にも重要な示唆を与えている。気候変動、プラスチック汚染、生物多様性の損失といった課題も、科学的根拠に基づいた合意形成、段階的な対応、そして支援と協調を基盤とする国際的枠組みによって、持続可能な解決へと導かれることが期待されている。

2-B3

- ・オクタンのモル質量は

$$\text{C}_6\text{H}_{18}=8\times 12.01+18\times 1.008=114.23\text{g/mol}$$

- ・質量からモル数に変換

$$\text{モル数}=7030\text{g}\div 114.23\text{g/mol}=61.55\text{mol}$$

- ・CO₂のモル数を計算

オクタン 1mol で 8mol の CO₂ なので

$$61.55\text{mol}\times 8=492.4\text{mol}$$

- ・CO₂の質量を求める

CO₂は 1mol で 44.01g なので

$$492.4\text{mol}\times 44.01\text{g/mol}=21668\text{g}=21.67\text{kg}$$

CO₂は 21.67kg 排出される。

2-B4

解答例

東南アジア、アフリカ、南アメリカでは森林の減少が著しく進んでいるが、一方で欧州や中国などでは森林面積が増加している。この違いには、各地域の経済状況や政策の違いが大きく関係している。

東南アジアやアフリカ、南アメリカの多くの国々では、経済発展が優先される傾向が強い。そのため、森林を伐採して農地を広げたり、パーム油や牛肉などの輸出向け作物を育てたりすることで収入を得ている。また、木材の輸出や燃料利用も森林減少の主な原因となっている。こうした短期的な利益を重視する開発が、森林破壊を招いているのが現状だ。

一方、欧州や中国では経済的に余裕があり、環境保全への意識も高まっている。その結果、森林伐採に対する厳しい規制や、使用分に応じた植林といった「持続可能な森林管理」が進められている。また、農業の効率化により耕作放棄地が増え、それらの土地が森林として再生されていることも、森林面積の増加につながっている。

このような状況を踏まえると、森林減少を食い止めるためには、単に伐採を止めるだけでは不十分だ。森林を守ることが地域住民にとって経済的な利益になるような仕組みを構築する必要がある。たとえば、森林保全に取り組むことで国際的な支援を受けられる制度（REDD+など）を活用したり、農業技術の向上や代替産業の育成によって、森林に依存しなくても生活できる環境を整えたりすることが求められる。

また、森林資源を消費する側である先進国も責任ある行動が必要だ。環境に配慮した製品を選ぶなど、消費のあり方を見直すことが求められる。さらに、教育や啓発活動を通じて地域の人々が森林の重要性を理解し、主体的に保全に関わるよう促すことも重要な手段となる。

森林減少を防ぐためには、経済と環境の両立を目指した包括的な取り組みが不可欠であり、地域の実情に合った対策を、国際的な連携のもとで進めていく必要がある。

2-B5

解答例

マイクロプラスチックや PFAS は、従来の地球環境問題と同様に人間活動によるものであり、国境を越える広がりや国際的な対応の必要性を共有している。一方で、その見えにくさ、分解されにくさ、発生源の多様性といった点で異なり、対策がより複雑で困難な問題となっている。したがって、これらの新たな環境問題には、従来の教訓を活かしつつも、新しい視点と技術による対応が求められる。