

名古屋大学大学院環境学研究科
地球環境科学専攻 大気水圏科学系
博士前期課程 普通入試

【専門科目 地球環境学 出題例】

(注意事項)

本ファイルは、2018 年度以降の専門科目の試験において出題された問題の例を掲載している（すべての問題を掲載しているわけではない）。筆記試験を実施した年度に出題された問題と、口頭試問を実施した年度に出題された問題の両方を含む。

口頭試問では、解答に対して質問を重ねる場合がある。また、一題ずつ出題されるなど、試問の開始時にすべての問題文が受験生に対し開示されていない場合がある。問題によっては紙に書いて解答することを指示する場合がある。

【口頭試問 出題例】

問題

問1：地表面熱収支

1. 地表面熱収支における正味放射とは何か、説明してください。
2. 正味放射は地表面でどのような熱エネルギーに分配されるでしょうか。
3. そのうち、大気中を拡散によって輸送される熱はどれでしょうか。

問2：地球大気の温室効果を説明してください。

問3：緩和と適応を、それぞれ英語で述べてください。

問4：地球温暖化（気候変動）に対する「緩和」と「適応」の違い（それぞれの定義）を述べてください。

問5：地球温暖化（気候変動）に対する適応策の具体例を（できるだけ多く）述べてください。

問題

問1：海洋表層よりも深層の方が炭素の存在量は大きい。表層から深層へ炭素を隔離するプロセスで知っているものを全て答えてください。

問2：炭酸塩ポンプに寄与する生物で知っているものを全て答えてください。

問3：炭酸塩ポンプに寄与する生物はどのような環境に生息していますか。

問4：海洋の熱塩循環で、海水が沈み込む海域と湧昇する海域をそれぞれ答えてください。

問5：太平洋と大西洋では、炭酸塩が堆積できる深度（炭酸塩補償深度）が浅いのはどちらでしょうか。その理由も答えてください。

問題

地球温暖化に伴う極域の変化とそのフィードバック効果に関して、以下の問いに答えなさい

問 1： 北極海の海氷面積縮小が、「アルベドに与える影響」と「その気候への影響」を説明しなさい。

問 2： 北極海の海氷生成量が減少すると海水の密度にどのような変化が予想されるか？その気候・海洋循環への影響も説明しなさい。

問題

地球の公転軌道等の変化は、氷期・間氷期サイクルに関与しているとされる。このような数万年単位の気候変動は、ミランコビッチ・サイクルと呼ばれている。以下の問いに答えなさい。

問 1： 最終氷期極大期（Last Glacial Maximum: LGM）は約何年前か？

問 2： 北半球高緯度の夏季日射量の変動が氷期・間氷期サイクルを引き起こしたメカニズムについて説明しなさい。

問題

問 1： 地球上に存在する以下の氷のうち、その融解が 20 世紀の海水準上昇に相対的に「大きく寄与したもの」と「寄与しなかったもの」を 1 つずつ選び、その理由とともに説明しなさい。

北極海の海氷、南極氷床、山岳氷河

問 2： 今後予想される海水準上昇に、氷の融解以外で大きな役割を果たすものがあるが、どのようなものか？そのメカニズムと共に説明しなさい。

問題 気候変動に関する以下の問1～2に答えなさい。

問1 氷期・間氷期サイクルについて説明しなさい（100字程度）。

問2 19世紀以降の二酸化炭素濃度の急増について、その原因を説明しなさい（100字程度）。

問題 地表面の熱収支に関する以下の問1～2に答えなさい。

問1 以下の地表面の熱収支式において、（ ）に当てはまる語句を記しなさい。

$$\text{正味放射量} = \text{顕熱輸送量} + (\quad) + \text{地中伝導熱}$$

問2 森林を砂漠に改変すると、地表面の熱収支はどのように変化するか、説明しなさい（100字程度）。

問題 図1は、人類の活動がこれまでに環境に与えてきた影響が、地球の惑星としての許容限界（プラネタリー・バウンダリー）と比べて、どの程度の段階にあるのかを、9つの項目ごとに示したものである。図1について、以下の3つの問いに答えなさい。

1) ①～⑨の項目の中で、1987年に採択された「モントリオール議定書」によって、いち早く対策が取られはじめたものは、どれか？ 答えなさい。

2) ①～⑨の項目の中で、「食糧の増産」のための人類の活動が直接影響している項目を2つ挙げなさい。またそれぞれにおける具体的な人類の「活動の内容」と「活動の影響」についても、例を挙げて説明しなさい。

3) 9つの項目は、実は、相互に深く関係している。①の「気候変化」に影響を与える項目を、②～⑨の中から2つ選び、それぞれが気候を変動させるメカニズムについて説明しなさい。

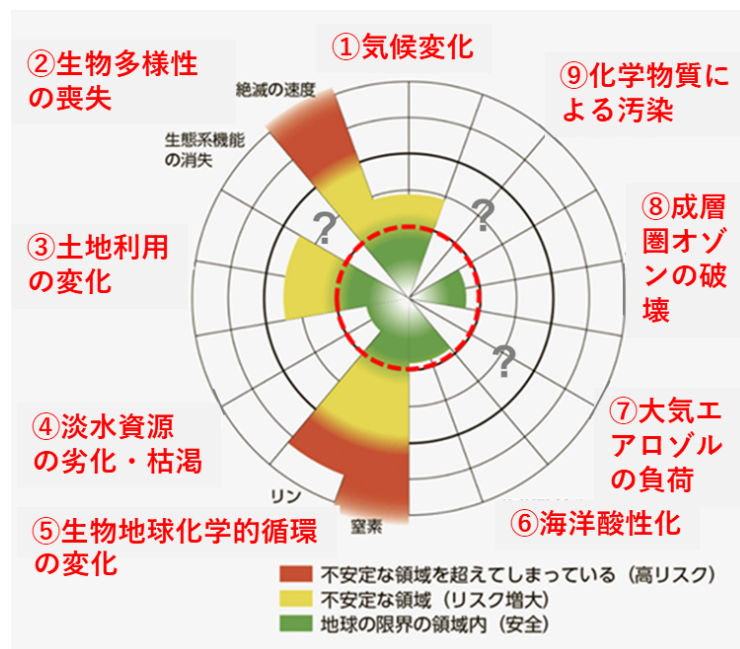


図1
(出典) Rockström et al (2009) Nature, 461: 472-475

問題 図2は、地球大気のエネルギー収支を示したものであるが、人間活動の影響で、各矢印のフラックスは変化している。それについて、以下の3つの問いに答えなさい。

1) 近年、温暖化の進行に伴って、「北極海の海氷の面積」が「縮小すること」が懸念されている。それによって、直接的に「減少する」のは、A～Mのどれか？答えなさい。

2) 地表面の「都市化」によって、G（顕熱）とH（蒸発散）の関係が変化する。GとHのどちらが増大して、どちらが減少するか。その理由と共に答えなさい。

3) 「温室効果ガス」の大気中での濃度の増大により、この図の中でどのような変化が起こるか。その理由とともに、説明しなさい。

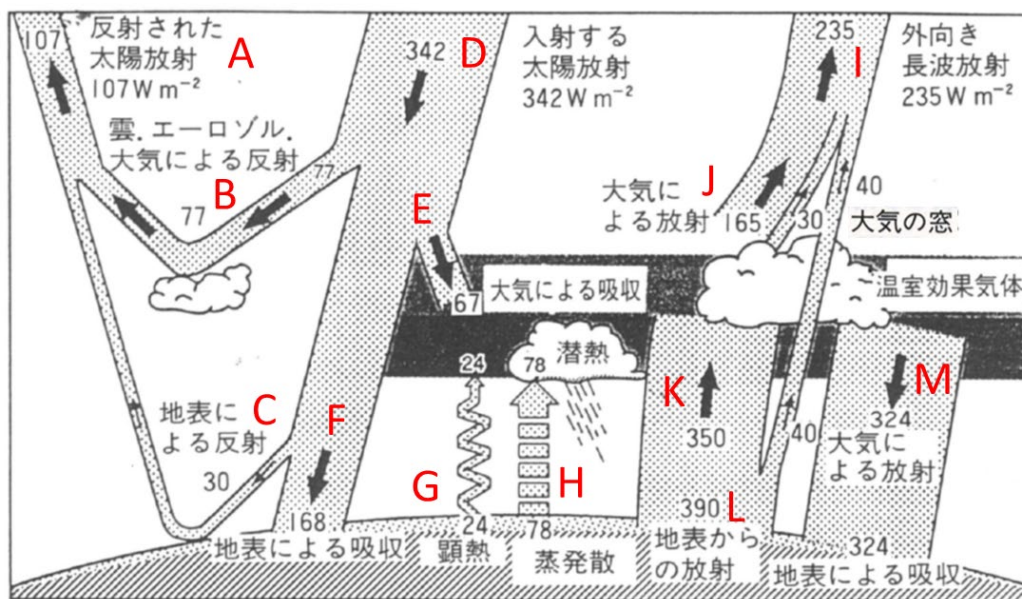


図2 地球のエネルギー収支。図中の「地表」とは地面と海面からなる。

(出典) IPCC (1995)

問題 図 1 を見て以下の問いに答えなさい。

問 1 図 1 の (ア) (イ) (ウ) に入る言葉を述べなさい。

問 2 地球温暖化が地球水循環に与える影響として考えられることを挙げなさい。

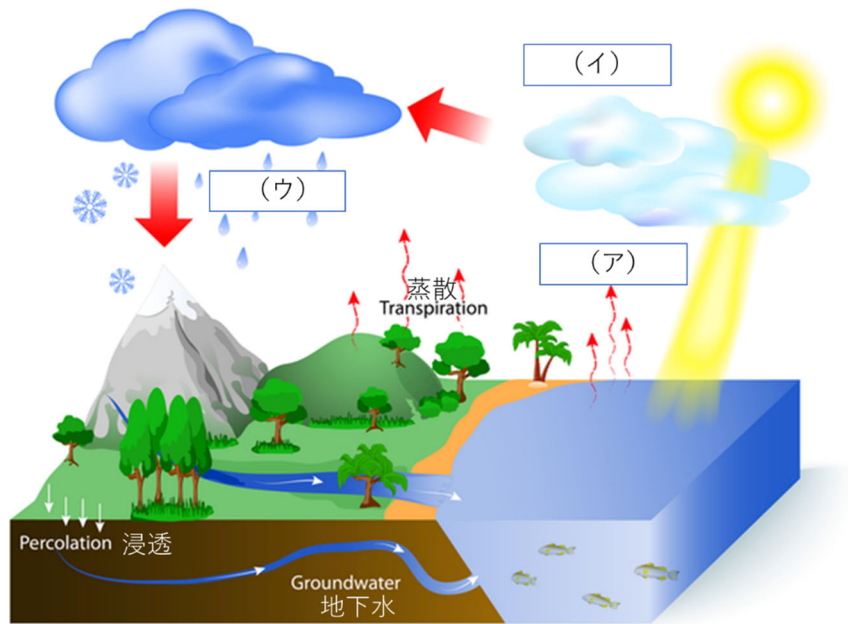


図 1

問題 図2を見て以下の問いに答えなさい。

問1 放射強制力とは何か説明しなさい。

問2 「エアロゾルによる雲調節」のメカニズムとして考えられることを挙げなさい。

問3 カーボンニュートラルについて説明しなさい。



図 SPM.5: 気候変動をもたらす主な駆動要因の、1750 年を基準とした 2011 年における放射強制力の推定値と要因ごとに集計された不確実性。値は世界平均の放射強制力¹⁴で、排出時の組成あるいは過程で区分されており、結果として駆動要因の組み合わせとして表されている。正味の放射強制力の最良推定値は、対応する不確実性の幅とともに黒の菱形のマークで示され、その数値は正味の強制力におけるその確信度とともに図の右側に示してある。雪氷上の黒色炭素によるアルベド強制力は黒色炭素のエアロゾルの項目に含まれる。飛行機雲(0.05 Wm⁻²、飛行機雲が誘発する巻雲を含む)、ハイドロフルオロカーボン類、パーフルオロカーボン類、六フッ化硫黄(計 0.03 Wm⁻²)による強制力は小さく、ここには示していない。濃度変化に基づくそれぞれのガスの放射強制力は、同じ色の棒グラフを足し合わせることで得ることができる。火山による放射強制力は、一時的な現象というその性質から他の強制力のメカニズムと比較するのが困難なため、含まれていない。人為起源放射強制力の合計は、1750 年を基準とした 3 つの異なる期間について示している。個々の要素や過程に関連した不確実性の範囲を含め、更に詳細な技術情報は、技術要約の補足資料を参照。(8.5、図 8.14~8.18、図 TS.6、図 TS.7)

図 2

出典:気候変動 2013 自然科学的根拠 政策決定者向け要約
(気象庁翻訳)

問題 表 1 は、金星・地球・火星の大気組成、有効放射温度、平均地表面温度をまとめたものである。以下の問に答えなさい。

問 1 表の (ア) (イ) (ウ) に入る分子名を答えなさい。

問 2 金星と地球、火星の有効放射温度と平均地表面温度の違いについて説明しなさい。

表 1

	太陽からの距離 (地球までの距離を 1 とする)	大気組成	有効放射 温度 (K)	平均地表 面温度 (K)
金星	0.723	(ア) 96.5% (イ) 3.5% (ウ) -	224*	735*
地球	1.0	(ア) 0.03% (イ) 78% (ウ) 21%	252**	288**
火星	1.52	(ア) 95.3% (イ) 2.7% (ウ) 0.13%	210**	215**

出典

*：惑星気象学（松田佳久著）

**：wikipedia

【筆記試験出題例】

問題 地球温暖化に伴う氷の融解などによって、今後数百年間に起こる海水準の上昇が懸念されているが、次頁の図1、2に示すように海域毎の海水準の変動パターンは複雑である。海水準の変動に関する以下の問1～4に答えなさい。

問1 過去100年間に地球の平均海水準は約15 cm 上昇した。地球上に存在する以下のA～Dの4つの種類の氷の中で、その融解が過去100年間の平均海水準の変化に、相対的に「大きく寄与したもの」と「寄与していないもの」を、それぞれ1つずつ選び、その理由と共に述べなさい。ここでは、「氷の融解による太陽光反射率（アルベド）の減少が温暖化を加速し、他の種類の氷の融解を促した可能性」などの「間接的な寄与」は考えないものとする。（それぞれ100字程度）

- A. 北極海の海氷
- B. 南極大陸の氷床
- C. グリーンランドの氷床
- D. 南極大陸とグリーンランドの氷床以外の山岳氷河

問2 今後数百年間に、温暖化が地球の平均海水準を上昇させるプロセスの中には、氷の融解以外に大きな役割を果たすものがある。そのプロセスが今後の海水準変化に与える影響の見通しも含めて、そのプロセスについて説明しなさい。（100字程度）

問3 次頁の図1のように、人工衛星で観測された近年（1993～2012年）の海水準の上昇率は地球上の海域毎にさまざまであり、東太平洋では小さく、西太平洋では大きい。これには大気海洋循環系の変動が関わっており、北米の San Francisco と南米の Antofagasta および西太平洋の Pago Pago の潮位計のデータには、太平洋の東と西の間で海水面がシーソーのように数年ごとに上下するエルニーニョ・南方振動（ENSO）の影響もみられる。1982～83年と1997～98年が顕著なエルニーニョの年であったことを考慮して、Antofagasta と Pago Pago の潮位計のデータを、図2のA～Dの4つの中から、それぞれ1つずつ選び、その理由を述べなさい。（あわせて150字程度）

問4 沿岸の潮位計で観測される海水準の変化は、実際には、海面高度の変化から陸面高度の変化を引いた相対海水準の変化に対応している。Manila では沿岸陸域での地下水の過剰な汲み上げが、Stockholm では最終氷期に存在していたスカンジナビア氷床の融解と消失が、それぞれの陸面高度の長期的な変化に影響している。Manila と Stockholm の潮位計のデータを、図2のA～Dの4つの中から、それぞれ1つずつ選び、その理由を述べなさい。（あわせて150字程度）

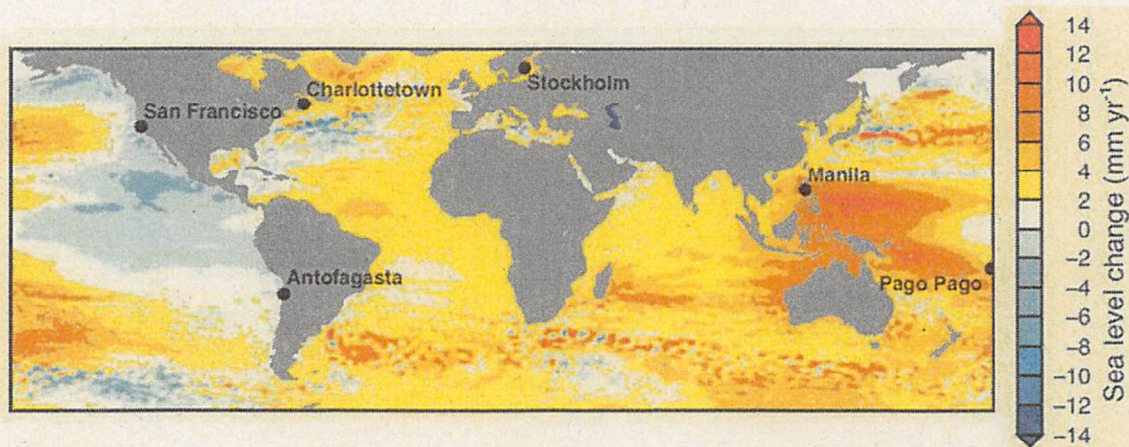


図1 1993年から2012年の間に人工衛星を使って測定された世界の海水準の平均変化速度の分布[IPCC WG1 (2013) FAQ13.1 Fig.1 より]。 (図中の6つの地点は、図2の潮位計のデータが取得された地点を示す)

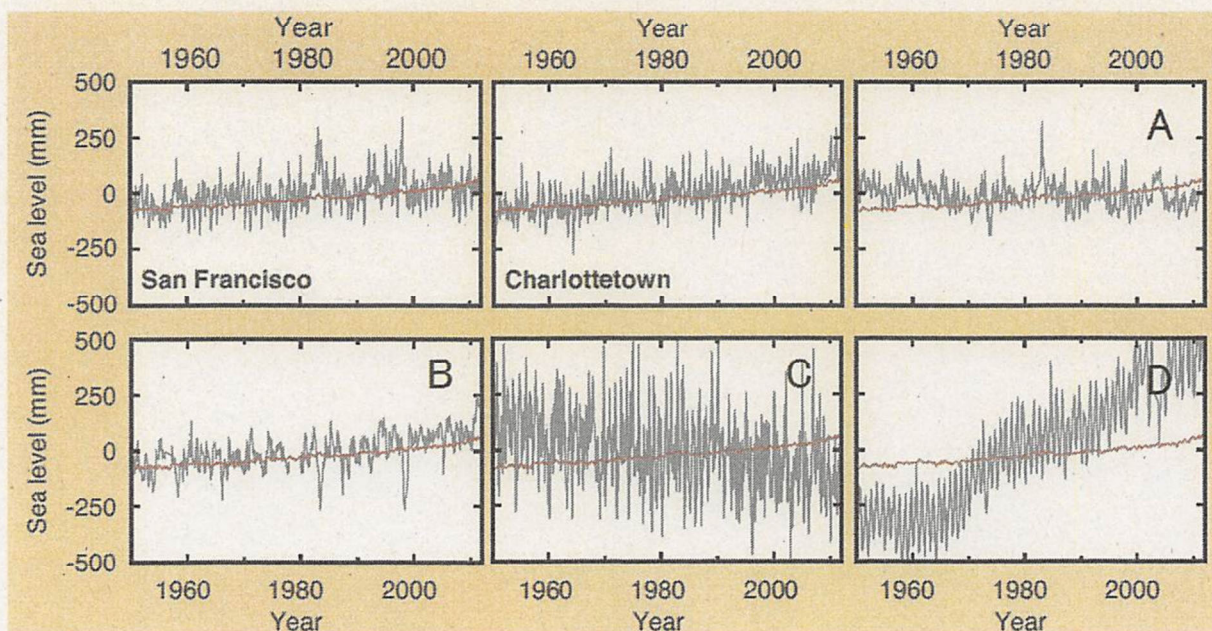


図2 世界の6地点（図1参照）で観測された潮位計による相対海水準の変化[IPCC WG1 (2013) FAQ13.1 Fig.1 より]。 図中の赤線は、地球全体で平均した海水準の変化を示す。 潮位計のデータにみられる一年周期の規則的な変動は、海水準の季節変動に対応しているので、ここでは考慮しなくて良いものとする。

問題 国連気候変動枠組条約に関連した地球の炭素循環の推計においては、人為的に排出される二酸化炭素の発生源として化石燃料の燃焼と土地利用変化の二つが考えられている。また気候変動対策に関する国際的な取り決めとして、2015 年 12 月に国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）においてパリ協定が合意された。これらのことについて以下の問 1～4 に答えなさい。

問 1 人為的な二酸化炭素の発生源のうち、土地利用変化による二酸化炭素排出とはどのようなものか。例をあげて 50 字程度で答えなさい。

問 2 石炭火力発電所の排気に含まれる二酸化炭素は人為的な排出として計上されるが、木質バイオマス発電所の排気に含まれる二酸化炭素は計上されない。その理由を 150 字程度で説明しなさい。

問 3 パリ協定では「今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と人為的な吸収源による除去量との間の均衡を達成する」とされた（第 4 条）。この目標を達成するためには具体的にどのような方策をとればよいか。考えられる方策をその実現可能性や技術的・社会的課題にも言及しながら 200 字程度で論じなさい。

問 4 パリ協定では気候変動に対する対策として緩和策と適応策を進めていくことが定められている。緩和策とは人為的な温室効果ガスの排出を抑制し吸収源による吸収を増加させるなどして気候変動の進行を遅らせる方策である。では適応策とは何か、例をあげて 150 字程度で説明しなさい。

問題 生態系が人間にもたらす様々な便益、いわゆる自然の恵みを「生態系サービス」と呼ぶ。生態系サービスには、調整サービス、供給サービス、文化的サービスが含まれる。図1は、生態系サービスの提供レベルと生物多様性および土地利用の関係性を例示した模式図である。この図を見て以下の問1～問3に答えなさい。

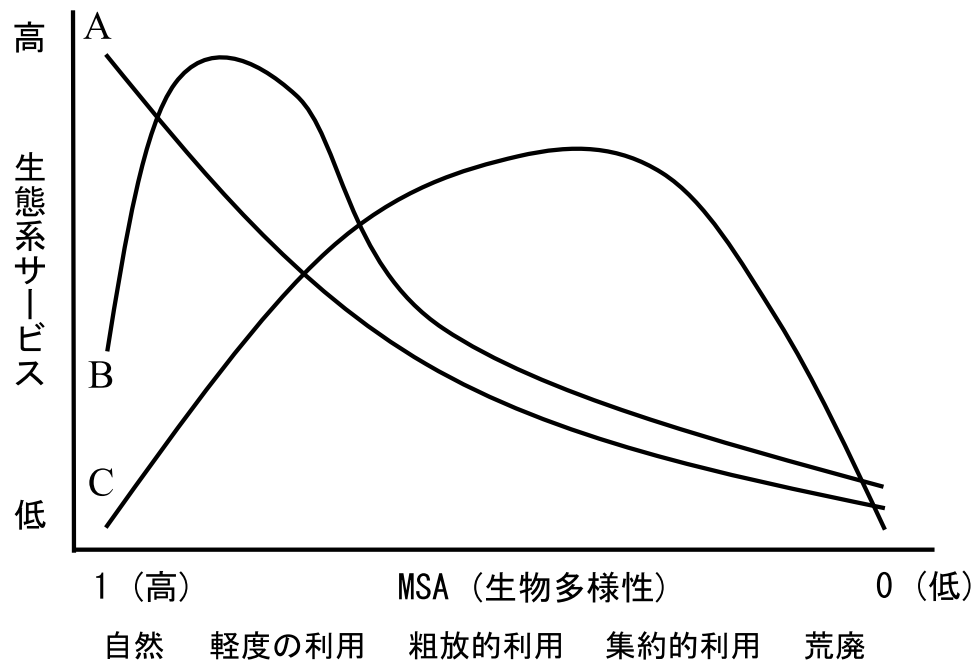


図1. 生態系サービスの提供レベルと生物多様性、土地利用の関係性

MSA (Mean Species Abundance) は生物多様性指標の一つで、手つかずの自然状態を1とした相対値で表される。出典：Braat, L. and ten Brink, P. (Eds.) (2008): Alterra report を元に作成。

問1 図1のパターンA, B, Cのうちの二つは、調整サービスの一つである土壌侵食の抑制と、文化的サービスの一つであるレクリエーションの提供について、それぞれ表している。それら二つのサービスがどのパターンに当てはまるかを、理由とともに述べなさい。(それぞれ100字以内)

問2 図1のパターンA, B, Cのいずれかに当てはまる供給サービスの具体例を一つ挙げ、そのようなパターンになる理由を述べなさい。(100字以内)

問3 中国では、1998年に長江流域等で発生した大洪水を契機に、急傾斜地にある耕作地を植林地に転換する政策が広く実施されている。この政策により、調整サービスおよび供給サービスがどのように変化すると考えられるか、具体的なサービスの例を挙げ、両サービスの変化の連動性にも言及しながら説明しなさい。(150字以内)

問題 $\text{PM}_{2.5}$ とは、直径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質のことである。地表面付近の大気中における $\text{PM}_{2.5}$ について、以下の問 1 ～問 3 を全て解答しなさい。

問 1 $\text{PM}_{2.5}$ の濃度について、世界のさまざまな国で大気環境基準が設けられている。この環境基準が必要とされている理由について述べなさい。(100 字以内)

問 2 図 2 は、全世界の陸上における大気中の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の分布を示している。高濃度地域が a 地域と b 地域にみられるが、両地域における $\text{PM}_{2.5}$ の主要な発生原因について述べなさい。(各地域につき 100 字以内)

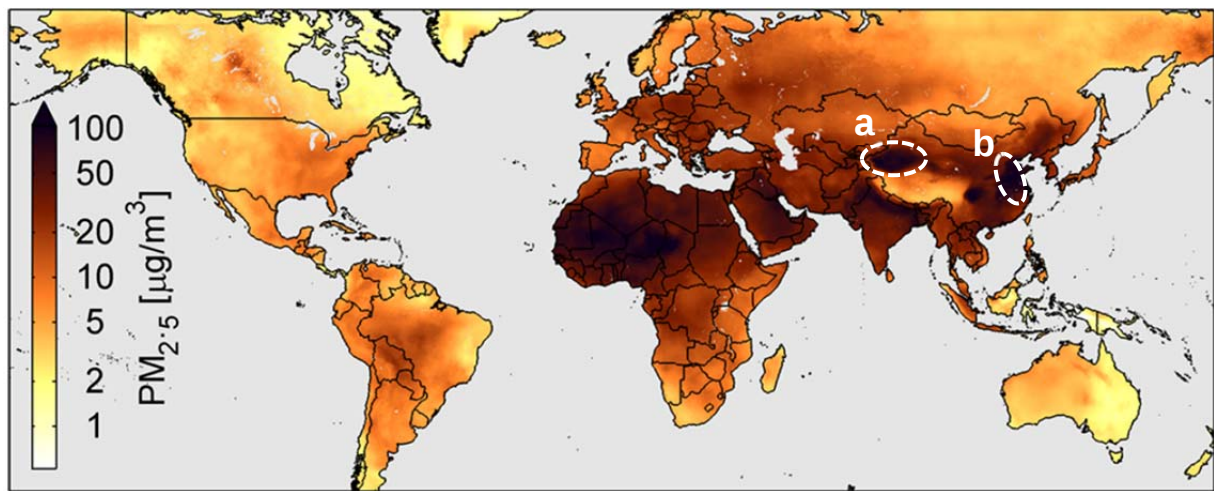


図 2. 地表面付近の大気中における $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の分布 (2001-2010 年の平均値)

衛星観測、地上観測、数値シミュレーションを利用して作成。白い破線で囲まれた地域は a, b 地域を示す。出典：van Donkelaar et al. (2016): Environmental Science & Technology を元に作成。

問3 図3は、北アフリカ・中東とヨーロッパ西部における、人口密度と $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の関係を示している。

- (1) 北アフリカ・中東では、人口密度の低いところに $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の極大がある。
このような分布になる理由を述べなさい。(100字以内)
- (2) ヨーロッパ西部では、人口密度と $\text{PM}_{2.5}$ 濃度が正の相関になる理由を述べなさい。(100字以内)

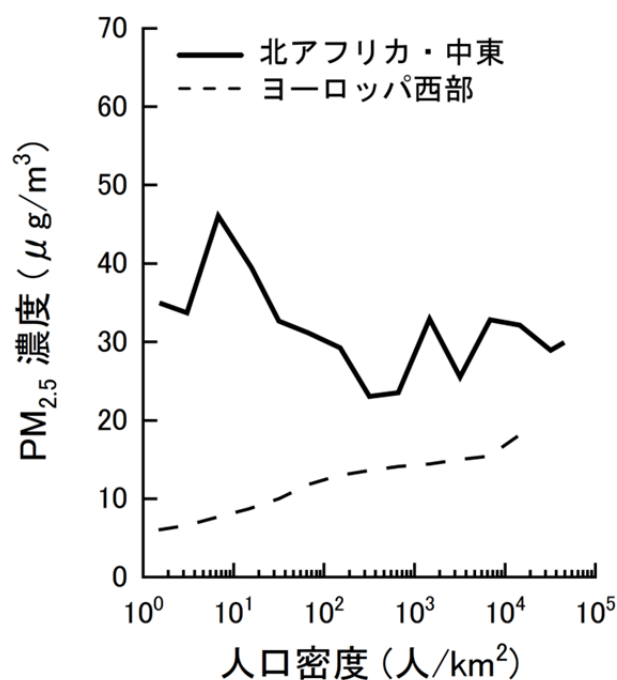


図3. 北アフリカ・中東とヨーロッパ西部における、人口密度(2010年)と $\text{PM}_{2.5}$ 濃度(2010年)の関係

人口密度と $\text{PM}_{2.5}$ 濃度のメッシュデータから作成. 出典: van Donkelaar et al. (2016): Environmental Science & Technology を元に作成.

問題 日中，地表面で吸収された太陽放射・大気放射エネルギーは，地温の上昇，気温の上昇，水の蒸発などに使われる．夜間は地温・気温は低下し，結露することもある．一般に，地表面では，次のエネルギー収支式が成り立つものとする．

$$R_n = H + LE + G$$

ここで， R_n は正味放射フラックス (Wm^{-2})， H は顕熱フラックス (Wm^{-2})， LE は潜熱フラックス (Wm^{-2})， G は地中熱フラックス (Wm^{-2}) である．顕熱は絶対温度に比例した熱量であり，潜熱は水が相変化するときに吸収あるいは放出する熱量である．各フラックスの向きに関しては， R_n と G は下向きを正， H は上向きを正とする． LE は蒸発を正，凝結を負とする．

問 1 図 1 は，暖候期の晴天日に北米で観測されたエネルギー収支の日変化である．図 1 の(a)と(b)がどのような地表面状態であるか，水面，草地，砂漠の中から最も適当なものをそれぞれ一つ選び，日変化の特徴をそれぞれ 100 字以内で説明しなさい．

問 2 図 2 は，夏季の晴天日に北米のよく灌漑された牧草地で観測されたエネルギー収支の日変化である．この牧草地は，周囲から乾燥した高温の空気が流入する環境にある．上記のエネルギー収支式が成り立つものとして，以下の問いに答えなさい．

(1) 潜熱フラックスが正味放射フラックスを上回る時間帯が多い．この理由を 150 字以内で説明しなさい．

(2) 午後，日中にもかかわらず，顕熱フラックスは負になる．この理由を 150 字以内で説明しなさい．

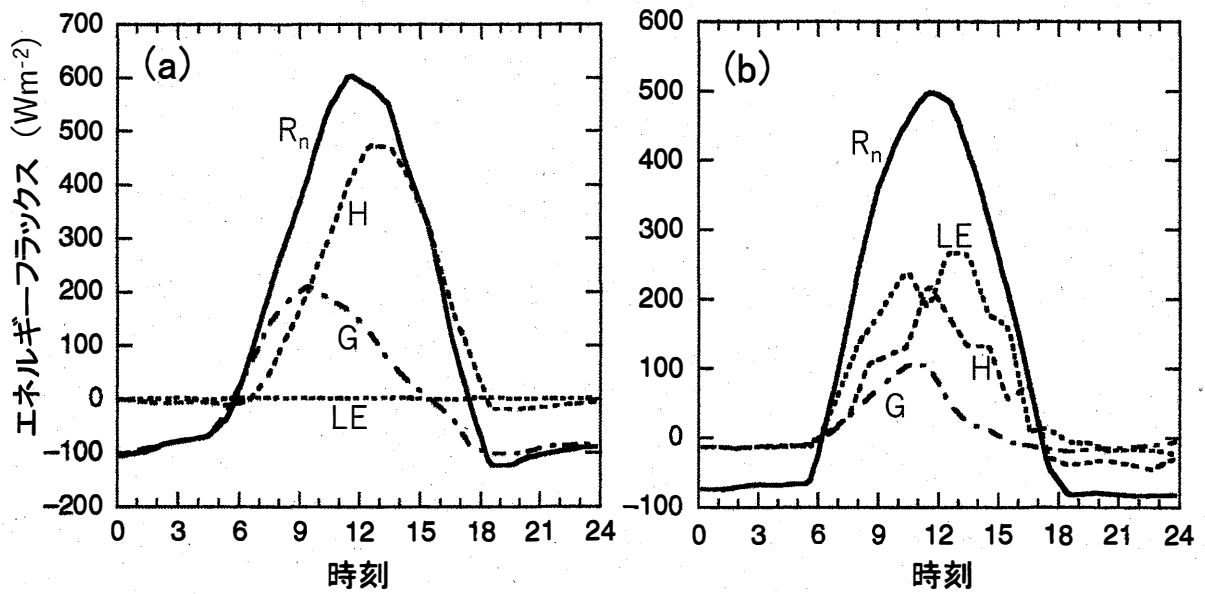


図1. 北米の異なる地表面で観測されたエネルギー収支の日変化. 観測は、暖候期の晴天日に行われた. 出典: Hartmann (2016): Global Physical Climatology, Second edition, Elsevier.

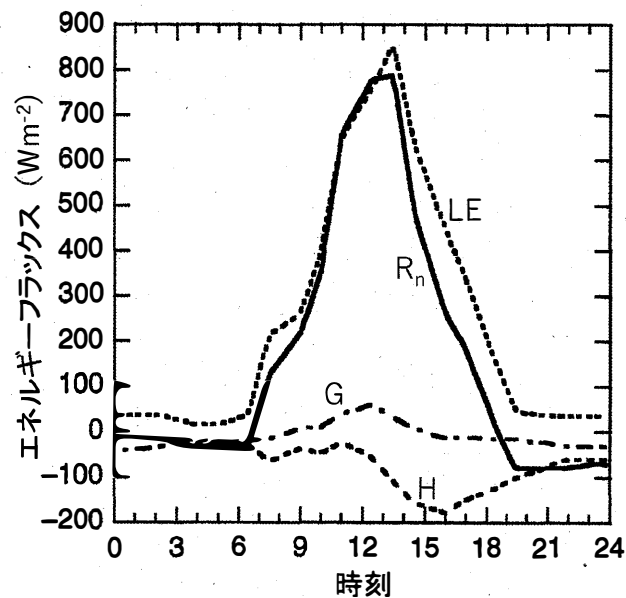


図2. 北米のよく灌漑された牧草地で観測されたエネルギー収支の日変化. 観測は、夏季の晴天日に行われた. 出典: Hartmann (2016): Global Physical Climatology, Second edition, Elsevier.

問題 太陽系の4つの地球型惑星（水星、金星、地球、火星）と地球の衛星である月の中で、生命の存在が確認されているのは地球のみである。下の表に書かれている情報から、地球のみが生命が存在できる環境である理由として考えられることを2つ挙げて、それぞれ300字程度で論述しなさい。

表1. 水星、金星、地球、月、火星の比較（小倉, 1984; 理科年表他から編集）

	水星	金星	地球	月	火星
太陽からの平均距離（天文単位）	0.387	0.723	1	1	1.524
公転周期(太陽年)	0.2409	0.6152	1	—	1.8809
軌道離心率	0.2056	0.0068	0.0167	—	0.0934
自転周期(日)	58.65	243.0	0.9973	27.32	1.026
赤道半径(km)	2,440	6,050	6,380	1,738	3,390
表面重力（地球=1）	0.37	0.88	1	0.165	0.38
大気（主な成分）	なし	二酸化炭素	窒素, 酸素	なし	二酸化炭素, 窒素
表面気圧 (hPa)	$<10^{-2}$	約 9×10^4	約 10^3	0	約 6
惑星アルベド（反射能）	0.06	0.78	0.30	0.07	0.16