

物質循環学コース 総合問題 出題意図

1

湖の環境変化を題材として、環境に関する基礎知識と関連する文章の読解力および思考力を問う。

問1 湖環境に関する基礎的な知識と文脈を理解する力を問う。

問2 湖環境に関するキーワードの概念を理解し、それを基にデータから適切な図を作成し、その図を適切に読み取る力を問う。

問3 水温変化を引き起こすメカニズムと湖の特徴の関連性を与えられたキーワードを基に考える力を問う。

問4 湖に関する環境問題に関する知識を問う。

問5 文章を読み取り、環境に関する基礎知識を基に論理的思考から答えを導く能力を問う。

2

窒素負荷に伴う森林の物質循環を題材として、その基礎知識と関連する文章の読解力を問う。

問1 無機化学に関する基礎的な知識を問う。

問2 無機化学に関する基礎知識とそれを適切に記述する能力を問う。

問3 物質循環に関する基礎的な知識を問う。

問4 物質循環の基礎知識と適切に計算する能力を問う。

問5 物質循環の基礎知識と与えられたデータの理解をもとに、自分の考えを論理的にまとめる能力を問う。

問6 窒素負荷量に対する生態系の応答に関するデータを、適切に図で表現する能力を問う。

問7 環境問題に関する理解力と考察力について問う。

2022 年度(令和 4 年度)

信州大学理学部 前期日程 入学試験問題

物質循環学コース

注意事項

1. この問題冊子は試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答時間は、9:00～11:00 です。
3. この冊子は、表紙を含めて 9 ページです。
4. 解答用紙は、4 枚です。
5. 解答用紙と問題冊子は別になっているので、解答はすべて解答用紙に記入してください。
6. 受験番号を解答用紙の指定されたところへ記入してください。決して氏名は書かないでください。
7. この問題冊子は持ち帰ってください。

1

次の湖の環境変化に関する文章を読み、設問に答えなさい。

地球温暖化にともない、世界の多くの地域の湖では表層水温が上昇している。水の密度は温度に依存するため、湖表層の温度上昇は湖の温度成層（混合しにくい安定した層）の強化とその長期化につながる。そして、(a) 温度成層の期間とその後に起こる全層混合の季節的なタイミングの変化は、湖の表層から深層への熱輸送の変化を引き起こす。これらの物理的な変化は、湖の生態学的機能を変化させる。なぜなら、熱輸送によって生じる温度変化は化学反応、水域生態系の生物の や成長の速度を変化させるからである。さらに、水温上昇とそれによる成層の変化は湖の を悪化させ、 の大量発生や富栄養化のリスクをともなう。しかし、温度上昇に対する湖の応答はその地理的位置、形態、湖水混合の特徴、栄養状態によって異なる。

これまでの研究の多くは気候変化への湖の応答を調査するために、湖表層の温度変化に焦点を当ててきた。気温とともに湖表層水温は上昇していることが報告されているが、湖深層の水温は表層水温ほど大きく変化せず、その変化の傾向や大きさも湖によって異なる。このことは、表層水温を変化させる に加えて、深層の水温を制御する他の要因があることを示唆している。そのような要因として、(b) 湖の透明度や地下水の流入などが挙げられるが、それらがどれぐらい重要かはわかっていない。気候変動が湖へ与える物理的、生態学的影響を完全に理解するために、気候以外の重要な要因の特定とそれらの変化が湖に与える影響の定量化が急務である。

地下水流入の影響を受ける湖の気候変化への応答は、湖水と地下水の間の水交換の特徴によって異なることが考えられる。ある浅い湖では地下水流入が夏の深層水を加熱する効果をもつことが報告されており、それによりこの湖は温暖化などの湖表面からの変化に影響されにくいかもしれない。一方、(c) 地下水流入量の変化は地下水に依存している生態系に大きな影響を与える。 の成長の変化は栄養状態に依存するため、栄養分豊富な地下水の湖への流入は の増減に大きく影響する。したがって、湖の生物物理プロセスや の形成において地下水の役割を理解することが重要である。

(出典：Safaie et al. (2021). Journal of Geophysical Research: Biogeosciences 126, e2021JG006455を一部改変)

問1 文章中の空欄 **A** から **D** に当てはまる語を以下から重複することなく
 選択して答えなさい。

気候, 水質, 藻類, 代謝, 地形, 貯水率

問2 以下のデータはある淡水湖で1年間にわたり測定された気温, 日射量, 風速, 表層
 水温, 深層水温の月平均値である。下線部 (a) に関して, 表1のデータから1年のう
 ち温度成層が形成されていると考えられる期間とそう判断した理由を答えなさい。そ
 の際に表1から必要なデータを用いて, 温度成層の期間を判断する適切な図を作成す
 ること。

表1

年月	気温 (℃)	日射量 (MJ/m ² /日)	風速 (m/秒)	表層水温 (℃)	深層水温 (℃)
2014年1月	-1.6	9.0	3.1	1.8	2.0
2014年2月	-1.6	11.6	4.3	2.5	2.6
2014年3月	3.7	14.1	3.8	5.1	4.9
2014年4月	9.7	19.6	3.7	10.9	10.2
2014年5月	15.4	21.6	3.3	17.5	15.1
2014年6月	19.9	19.3	2.9	22.3	18.8
2014年7月	23.2	20.3	2.7	24.5	19.8
2014年8月	23.2	15.0	2.6	24.5	20.6
2014年9月	18.1	17.1	3.1	20.8	19.0
2014年10月	13.2	12.8	3.2	16.3	15.6
2014年11月	7.9	9.0	2.9	11.1	10.9
2014年12月	0.4	6.8	3.2	6.9	7.0

注: Jはエネルギーを表す単位である。

問3 下線部 (b) の「湖の透明度」がどのように深層水温に影響するのかを以下の語をすべて用いて 60 字程度で答えなさい。なお、湖の透明度はセッキ板と呼ばれる白い円板を水中に沈めていき視認ができる最深の深さとして計測される。

温度, 吸収, 太陽光, 透過

問4 下線部 (c) 中の「地下水流入」は湖水面と湖周辺の地下水面の高さの違いによって引き起こされ、湖水面に比べて湖周辺の地下水面が高いほど湖への地下水流入量が多くなる。これをもとに、地下水流入量の変化を引き起こす人為的な要因をひとつ挙げなさい。また、それによる地下水流入量の増減も答えなさい。

問5 冒頭の湖の環境変化に関する文章中には誤りがひとつ含まれている。その誤った記述を抜き出して、正しい記述に修正しなさい。また、そのように考える理由を説明しなさい。誤った記述を抜き出す際には該当部分がわかるようにすること。

2

次の文章を読んで、設問に答えなさい。

産業革命以来、大気・土壌・植生、河川・湖沼・海洋などの地球上のさまざまな生態系内や生態系間での炭素・硫黄・窒素などの循環が、人間活動によって劇的に変化してきた。そしてその変化は、生態系機能や生物群集の構造や多様性などへ影響を与えている。なかでも窒素については、1910年代の（ A ）法の発明によって、大気中の窒素と（ B ）から（ C ）を合成することが可能となり、(a)この技術は農業に大きく貢献するようになった。加えて、窒素固定植物の栽培促進や化石燃料の使用によって生物に利用可能な窒素の生成が飛躍的に増大した。この人為的要因で利用可能となった窒素の量は、微生物などによる非人為起源の窒素固定量とほぼ等しくなったか、それ以上と推定されている。そして、これら人為起源の窒素を含む化合物は大気からあらゆる生態系に負荷され、表層水から地下水、海域へと移動、循環し、酸性化や富栄養化などを生じる連鎖的な影響をもたらしている。大気からの負荷の動向としては、1970年代以降、硫酸化物の負荷量は排出抑制の施策が先進国で成功を収めた結果、急激に減少し、それに伴い欧米では渓流水などの表層水中の硫酸イオン濃度が低下してきたことが報告されている。それに対して、窒素負荷量に関しては明瞭な減少傾向は認められておらず、今後も全球的に窒素負荷の増加は続くものと推察される。

窒素は多くの森林生態系において、植物の成長にとって最大の制限要因であることが指摘されており、人為的負荷による植物成長への影響が大きいと考えられる。すなわち、大気から負荷された窒素が、大気中の二酸化炭素濃度や気温の上昇といった地球規模での環境変動の下で、植物の多量必須元素として生態系に大きな変化をもたらしている。例えば、1960-2000年のヨーロッパにおける過剰な窒素負荷が、窒素飽和という問題を引き起こした。窒素飽和とは、植物や微生物が必要な量を超える窒素化合物が存在する状態を意味し、生態系が窒素過多な状態に陥ることである。このことによって、森林の総生産量や呼吸量、被食量、枯死量は変化し、その結果、総生産量から植物の呼吸量を差し引いた純生産量は影響をうけるという推定がある。ある短期の施肥実験の研究では、窒素負荷により(b)純生産量が（ D ）%増加すると予測されている。さらに近年では、二酸化炭素濃度の上昇に伴う炭素固定の増加に窒素負荷が寄与する効果も検討されている。このように(c)窒素負荷は種々の生態系に大きな影響を与えておりその理解は緊急の課題といえる。

（出典：徳地ら。（2011）日本生態学会誌 61：275-290を一部改変）

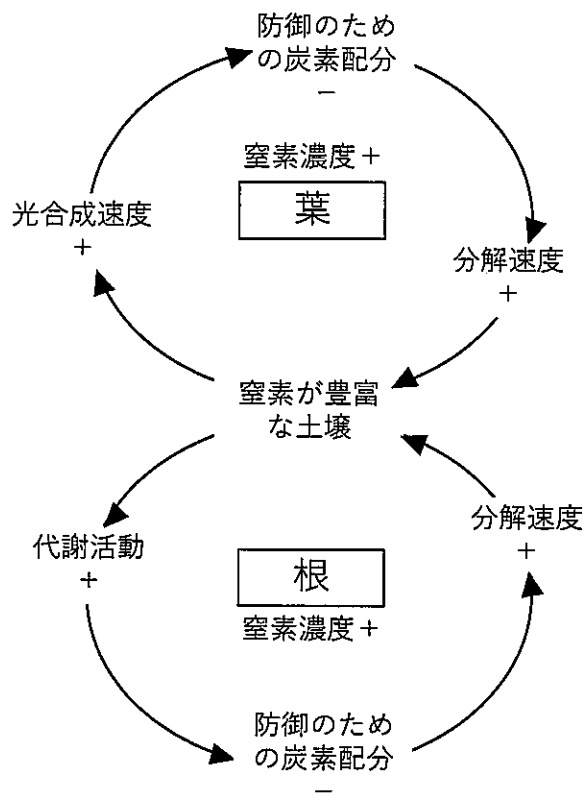


図1 土壌の窒素濃度と葉および根の関係の概念図。図中の「+」は増加、「-」は減少を示す。

(Hendricks et al. (1993) Trends in Ecology & Evolution 8 : 174-178 を基に作成)

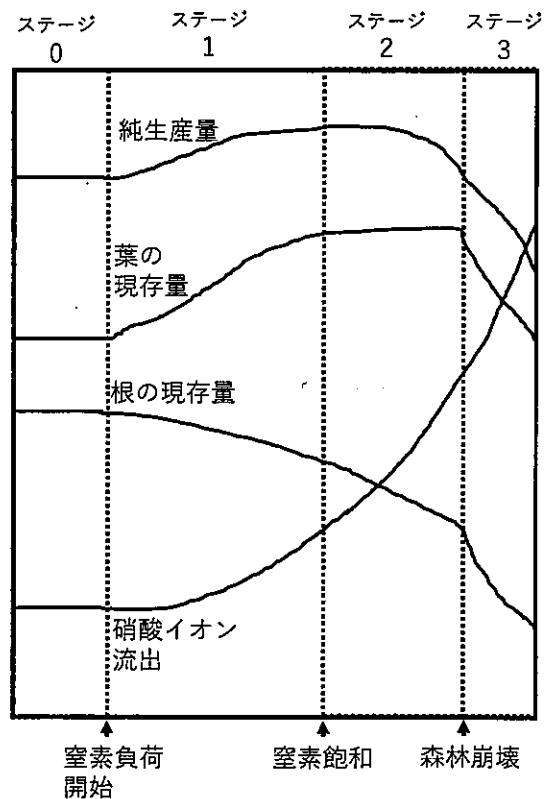


図2 窒素負荷の増加（横軸）に対する生態系の応答に関する概念図

(Nadelhoffer. (2000) New Phytologist 147 : 131-139 を基に作成)

表 2

	森林面積 km ²	植物の 現存量 kg/m ²	総生産量 kg/(m ² ・年)	植物の 呼吸量 kg/(m ² ・年)	被食量 kg/(m ² ・年)	枯死量 kg/(m ² ・年)
森林 A	0.51	18.22	6.13	3.12	0.05	0.55
森林 B	0.52	17.91	5.18	2.87	0.04	0.51

- 問1 (A) ~ (C) に入る適切な語を答えなさい。
- 問2 下線部(a)の理由を記述しなさい。
- 問3 表2は、下線部(b)の記述の基となった研究結果であり、短期の窒素施肥を実施した森林 A と実施していない森林 B (対照区) の測定値を示している。表2の必要なデータを用いて、森林 A と森林 B の単位面積あたりの純生産量 ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$) をそれぞれ求めなさい。また、(D)に入る数値を有効数字3桁で答えなさい。
- 問4 表2から計算される森林面積全体の純生産量が、すべて $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ の組成式の炭水化物であるとする、森林によって1年間で固定される二酸化炭素は、森林 A と森林 B それぞれ何 kg か、計算過程とともに示しなさい。なお原子量は $\text{H}=1$, $\text{C}=12$, $\text{O}=16$ として計算しなさい。
- 問5 下線部(b)のように短期的な窒素負荷は、純生産を増加させることが予想されている。この理由を、本文および図1の情報を参考に考察しなさい。
- 問6 大気降水物に由来する窒素負荷量の増加は、生態系の生産に影響を与えている。図2の純生産量、葉の現存量、根の現存量、硝酸イオンの変化を読み取り、各ステージ0~3において森林はどのような姿になるか、図示しなさい。なお、文字による説明を図中に加えてもよい。
- 問7 下線部(c)のように大気降水物に由来する窒素負荷量の増加は、近年の環境問題のひとつである。人為的要因で利用可能となった窒素の利用は、大きな便益を与える代わりに、人間社会から環境に漏出する窒素に起因する窒素汚染を招いている。この環境問題に対して、あなたが考える解決策を述べなさい。

(下書き用紙)