

受 験 専門科目名	水 文 学	この科目について ( 3 )枚のうち( 1 )枚目
--------------	-------	------------------------------

以下の設問すべてに解答しなさい。各設問についてそれぞれ別の解答用紙を用いなさい。

設問I. 以下の問いに答えなさい。

- (1) リンは樹木の生育に欠かせない必須元素のひとつである。リンの外部循環における流入経路と流出経路について100~200字で説明しなさい。
- (2) 自然生態系における炭素の循環には植物とともに微生物の活動が大きく関わっており、土壤呼吸速度は水分条件の影響を大きく受けることが知られている。土壤呼吸速度と水分条件の関係について説明しなさい。
- (3) 下の図1は、ある土壤における土壤水の重力ポテンシャル、圧力ポテンシャル、マトリックポテンシャルの鉛直分布を示している。

- 3-1) (a) (b) (c)は、それぞれ何ポテンシャルに相当するか理由を書いて答えなさい。
- 3-2) 鉛直方向における水の移動を推定しなさい。
- 3-3) 地下水面は深さ約何cmか答えなさい。
- 3-4) 深さ80 cmから100 cmにおける鉛直方向の水移動速度を求めなさい。なお、この土壤の透水係数は $0.0001 \text{ mm s}^{-1}$ である。

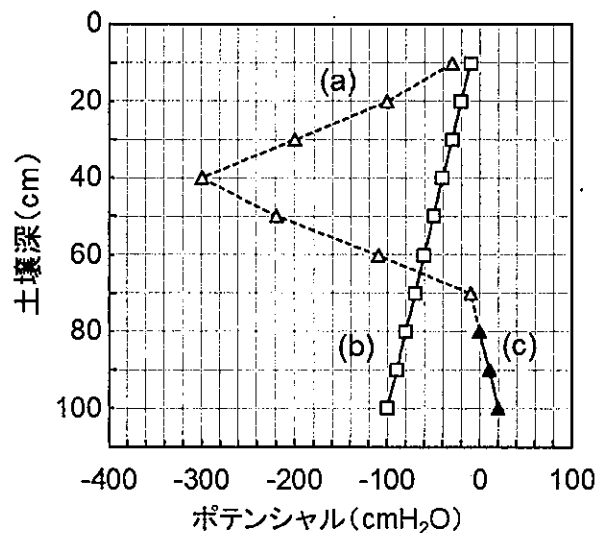


図1 土壤水のポテンシャルの鉛直分布

受験 専門科目名	水文学	この科目について ( 3 )枚のうち( 2 )枚目
-------------	-----	------------------------------

設問Ⅱ. 以下の問いに答えなさい。

(1) 森林流域Aにおいて、降雨量と流出量を観測し、総降雨量と直接流出量について図2のような降雨流出応答の結果が得られた。

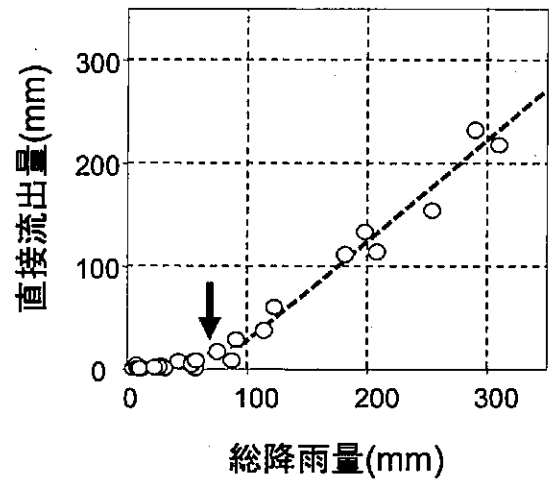


図2 降雨流出応答

1-1) 図中の矢印で総降雨量と直接流出量の関係が変化している。この時の降雨量を何と呼ぶか答えなさい。

1-2) 図中の矢印以下と矢印以上の総降雨量の際に、森林流域で起こっている水文プロセスをそれぞれ説明しなさい。

(2) 森林流域AとBにおいて流量観測を行い、横軸に累加日数(365日)、縦軸に日流量をプロットして流況曲線を得た。それらを解析した結果、表1のようになった。表中の数値はすべて水高換算(mm)である。

表1 流域Aと流域Bの流況曲線の解析結果

流域	年降水量	豊水流量	a	低水流量	b
A	1500	2.5	1.8	1.5	0.9
B	2500	7.1	4.0	1.6	0.3

2-1) 流況曲線は、95日目を豊水流量、185日目をa、275日目を低水流量、355日目をbとしている。表1のaとbに入る用語を答えなさい。

2-2) 流域Aと流域Bの流出特性にはどのような違いがあるか説明しなさい。

2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験

受 験 専門科目名	水 文 学	この科目について ( 3 )枚のうち( 3 )枚目
--------------	-------	------------------------------

設問Ⅲ. 以下の問いに答えなさい。

- (1) 地表面の熱収支と放射収支について、それぞれの式を記し、式を構成する各項について説明しなさい。
- (2) 地表面熱収支に基づいて蒸発散量を求める方法として、熱収支ボーエン比法がある。有効エネルギーが $450\text{Wm}^{-2}$ 、ボーエン比が0.5であるときの蒸発散量を、エネルギーフラックスの単位で求めなさい。計算過程も記述しなさい。
- (3) 降雨後に無降水の晴天日が続いたとき、森林と裸地における地表面熱収支はそれぞれどのように変化すると考えられるか説明しなさい。ただし、気候および地形条件は同一とする。

設問Ⅳ. 以下の用語をすべて簡潔に説明しなさい。

1. 相対湿度
2. 対流性降水
3. 樹冠遮断量
4. Ball型気孔コンダクタンスモデル
5. DOC
6. バイパス流
7. 掃流砂
8. 窪地貯留
9. ライパリアンゾーン

2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験  
解答例及び出題意図

専門科目名	水文学
-------	-----

設問I. 解答例

(1) リンは水に溶けにくく、ガス態もとりにくい。そのため、リンの主な流入経路は、風で巻き上げられた土壌粒子などの成分として大気から沈着するか、岩石（鉱物）の風化に伴う溶脱や浸食による移動である。同じ理由により、リンの流出は、吸着した土砂の降雨時などにおける溪流などへの流出によって起こる。6点

(2) 土壌水分含量が低い、すなわち乾燥した環境では土壌呼吸速度は低く、水分含量の増加に伴って増大する。しかし、飽和容水量に達すると、土壌中における二酸化炭素の拡散が阻害され、また、好気性微生物の活性が抑制されるため、土壌呼吸速度は低くなる。6点

(3) 3-1) 重力ポテンシャルは基準面との高さの差によるエネルギーであり、土壌では表面が0で深さに比例して低くなる。よって(b)が重力ポテンシャルである。圧力ポテンシャルは水飽和土壌における静水圧によるエネルギーであり、地下水面を0とし、水面以下では正值を示す。よって、(c)が圧力ポテンシャルと考えられる。残った(a)がマトリックポテンシャルであるが、マトリックポテンシャルは不飽和土壌において常に負の値を示すが、水分量の変化(乾燥状態)によって大きく変化することから(a)と矛盾しない。

3-2) 80 cm

3-3) 表層40 cmまでは下方へ向かって浸透する。一方、40 cm深では上方に移動している。

3-4)  $0 \text{ mm s}^{-1}$

○出題意図

設問I. 森林生態系における物質循環および土壌中の水移動についての基礎知識を問う。

設問II. 解答例

(1) (1-1) 飽和雨量

(1-2) 飽和雨量以下の総降雨（図中の矢印以下）では、降雨量が小さく、一般的に継続時間も短いため、降雨が流量に変換される割合（流出率）は低くなる。このような場合、降雨の大部分は流域内の土壌や植生によって貯留・吸収され、河川流量にはあまり反映されない。一方、飽和雨量を超える総降雨（図中の矢印以上）では、降雨継続時間が長く、降雨強度も強いことから、土壌中の空隙が水で満たされることで貯留容量が限界に達する。そのため、降雨は急速に地表流（飽和地表流）や土壌中や浅い岩盤層を経由して流出する。その結果、降雨量に対する流量の比率が高まり、降雨に対する流量（流出率）が大きくなる。

(2) (2-1) a 平水流量、b 渇水流量

(2-2) 流況曲線の各数値を比較すると、A流域では豊水流量と渇水流量(355日目流量)の流量の差が小さいのに対し、B流域ではその差が大きく、年間を通じた流量変動が大きいことがわかる。B流域の方がA流域よりも年間降水量は多いにもかかわらず、低水流量はA流域とほぼ同等、また、渇水流量(355日目流量)はA流域よりB流域で小さい。これは、B流域において降水が地下に浸透して基底流出として長期間にわたり河川流量を支える能力、すなわち地下水の貯留能力が小さいことを示唆している。すなわち、B流域では降水の多くが表面流や直接流出として流出しやすく、乾燥期には基底流の供給が乏しくなるため、渇水流量が小さくなると考えられる。一方、A流域では地下水の涵養と貯留が良好であり、年間を通じて安定した流量が維持されていると考えられる。

○出題意図

設問Ⅱ．流域の降雨流出応答についての基礎知識を問う。

### 設問Ⅲ．解答例

(1) 熱収支式  $R_n = \lambda E + H + G$

$R_n$  純放射量：放射収支により決定される、地表面に与えられる放射エネルギー。これが熱エネルギーに変換され、以下の項目に分配される。

$\lambda E$  潜熱フラックス：地表面付近で水の気化に消費されたエネルギーで、水蒸気として大気と地表面間の乱流拡散により輸送される。

$H$  顕熱フラックス：大気と地表面間の乱流拡散により輸送される熱エネルギー。

$G$  地中熱流量：地表面から地中へ伝導熱として輸送される熱エネルギー。

放射収支式  $R_n = St - Sr + La - Lg$

$R_n$  純放射量：右辺4項目の収支で与えられ、熱収支式の入力項となる。

$St$  全天日射量：太陽からの短波長域の放射エネルギー。

$Sr$  反射日射量： $St$ のうち地表面で反射される放射エネルギー。

$La$  下向き赤外(長波)放射量：大気から射出され地表面に到達する放射エネルギー。

$Lg$  上向き赤外放射量：地表面から大気へ射出する放射エネルギー。

(2) 有効エネルギーを $R_n-G$ 、顕熱フラックスを $H$ 、潜熱フラックスを $\lambda E$ 、ボーエン比を $B$ とすると、以下の関係がある。

$$R_n - G = \lambda E + H \quad (1)$$

$$B = H / \lambda E \quad (2)$$

上記2式より、 $\lambda E = (R_n - G) / (1 + B) = 450 / (1 + 0.5) = 300$ となる。

潜熱フラックスはエネルギー換算した蒸発散量と同値であるから、 $300 \text{ (Wm}^{-2}\text{)}$

(3) 降雨直後には両者とも蒸発散すなわち潜熱フラックスが増加し、その分顕熱フラックスへの配分が減少する。無降雨期間には、地中水分を吸水して蒸散を続けられる森林では潜熱フラックスが維持されるが、表層が乾燥する裸地では蒸発が抑制され潜熱フラックスが減少し、地表面温度が高くなり顕熱フラックスや地中熱流量が増加する。

### ○出題意図

設問Ⅲ．地表面エネルギー収支に関する基礎知識を問う。

### 設問Ⅳ．解答例

1. 相対湿度：大気中に含まれる水蒸気の上限を表す飽和水蒸気圧と、実際の水蒸気圧との比で表される、空気中の水蒸気量の指標。
2. 対流性降水：地表の空気が日射で温められたり上空に寒気が流入したりして、大気が不安定になったときに、上昇気流が発生して形成される積乱雲がもたらす降水。
3. 樹冠遮断量：樹冠に付着した水のうち、樹冠通過雨や樹幹流として地表に達することなく、降雨時及び降雨後に葉や枝から蒸発する量。
4. Ball型気孔コンダクタンスモデル：純光合成速度と気孔コンダクタンスが広範囲の環境条件下で安定した関係を示すことに基づいて構築された応答型モデルで、気孔コンダクタンスを純光合成速度、二酸化炭素濃度、湿度の関数として表す。
5. DOC：溶存有機炭素の略称。生物の代謝産物や遺体(リター)、腐植物質の分解過程で生成する水溶性有機物のうち、土壌溶液、河川水、地下水などに溶けている有機物に含まれる有機体炭素のこと。
6. バイパス流：土壌水の選択流の一種で、亀裂や根の腐朽根などの間隙を土壌水で見たし、すばやく下方へ降下するものを指す。

7. 掃流砂：河川や溪流の川底を転がったり跳ねたりしながら移動する比較的粗い粒径の土砂（砂礫など）。
8. 窪地貯留：降雨強度が浸透能を上回った場合に生じる地表面の水が、地表面の地形に応じて窪地に一次的に貯留されること。
9. ライパリアンゾーン：斜面と流路（河道）の接点にあたる場所で、地形・水分条件・植生・土壌特性などが斜面とは異なり、河畔域や溪畔域と呼ばれることもある。

○出題意図

設問Ⅳ．水文学の学術用語の知識を問う。