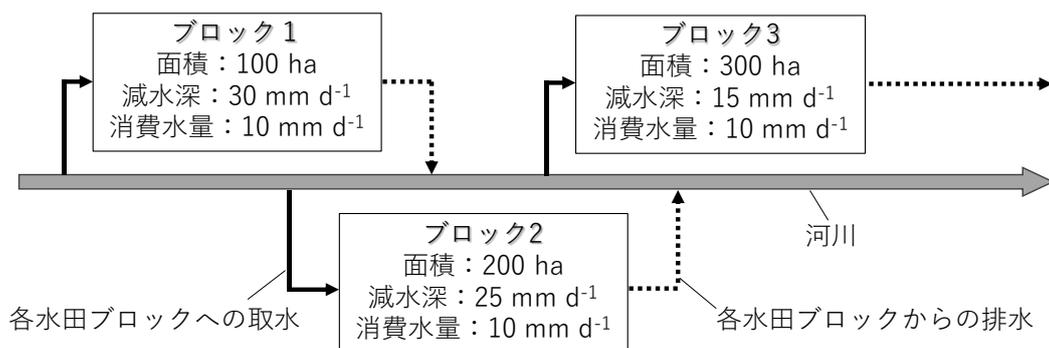


専門科目 [灌漑利水学]

下記の6問の中から4問選択して解答せよ。(25点×4問=100点)

- 10日間で合計200mmの降水量があった。この期間の最初に地表面から深さ1mまでの土壌水分量(体積含水率)の平均値(θ)は $0.2 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ だったが、この期間の終わりには $\theta = 0.3 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ に増加していた。この期間の蒸発散量の合計値は10mmだった。表面流出や土層内での水平方向の移動が生じていなかったと仮定して、この期間に深さ1mよりも下に浸透した土壌水分量をこれらのデータから計算せよ。
- 田んぼダムについて、その概要と期待できる効果、洪水防止機能としての限界について説明せよ。
- 以下の水田灌漑に関する用語を説明せよ。
 - (1) 日減水深
 - (2) 田越し灌漑
 - (3) 代かき用水量
 - (4) 栽培管理用水
 - (5) 小用水路
- 水稻栽培において代かきをする理由を3つ挙げ、それぞれについて代かきをすることでどのような利点があるかを説明せよ。
- 鉛直一次元の場合を想定した不飽和土壌中の土壌水分移動を支配する方程式を2つ記述し、一般的な数値シミュレーションではこれらの式を使ってどのようにして不飽和土壌中の土壌水分移動を計算するかを述べよ。ただし、必要な変数を適宜定義せよ。
- CB法によって下図の水田地区の用水量を求めよ。



問題1

2日間で深さ1mまでの土層の体積含水率が $0.1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 増加したので、降雨による土壌水分の増加量は $1000 \times 0.1 = 100 \text{ mm}$ 。蒸発散量が 10 mm 、降水量が 200 mm なので、深さ1mよりも下層に浸透した水量は $200 - 100 - 10 = 90 \text{ mm}$ となる。

問題2

田んぼダムとは、豪雨時に水田に一時的に水を貯留し、河川等への流出を遅らせることで地水効果を発揮する治水対策である。水田の落水口にその断面積よりも小さい孔の空いた装置や簡単な堰を設置することで水田の湛水深を豪雨時に増加させる。治水用のダムのように流域外からの降雨を貯留する効果はほとんどないことからあくまで田んぼからの流出を抑制するための仕組みであり、流域の水を田んぼに貯留するような過剰な期待を持たずに流域治水の一つのパーツとして洪水時の治水効果を検討するべきである。

問題3

(1) 日減水深

水田において、一日に減る湛水の深さ。蒸発散量と浸透量の和であり、 $10 \sim 30 \text{ mm}$ 程度が適正とされる。

(2) 田越し灌漑

隣接した複数の水田のうち、一部の水田しか用水路、排水路に接していないときに、最上流の水田から灌水し、畦畔に設けた越流部や連結孔を通して、隣接する下流側の水田を次々に灌漑する灌漑方法。棚田ではこの方法で灌漑を実施しているところが多く、下流側水田の水利用は上流側に依存するため自由度が制約されるが、用排分離をした水田に比べると灌漑水量や水管理労力は少なくて済む。

(3) 代かき用水量

代かきの際に必要な用水量のことで、湛水量と作土層置換容気量、心土層置換容気量、水面蒸発量、降下浸透量、畦畔浸透量を足し合わせたものに相当する。湿田では $80 \sim 120 \text{ mm}$ 程度、乾田では $120 \sim 180 \text{ mm}$ 程度、漏水田では $150 \sim 250 \text{ mm}$ 程度である。

(4) 栽培管理用水

深水灌漑や農薬散布のための落水後の再湛水、白未熟米発生防止のためのかけ流し灌漑など、栽培上の理由のために必要な用水。

(5) 小用水路

幹線水路から支線用水路を経由して各圃場に水を配水するための水路。小排水路と同様に、圃場の短辺方向に隣接して設置されることが多く、開水路とパイプラインがある。

問題4

① 下方浸透の抑制

泥濘化した土で耕盤層の大きな穴を埋めることにより下方浸透が抑制され、湛水を容易にし、灌漑水量を減らすことができる。

② 圃場の均平の確保

水田の圃場の均平が確保されていないと湛水して移植した際に移植した苗が水没してしまう場合や逆に水が全くない部分が出てきて、初期成育に影響を与える。

③ 雑草の抑制

湛水し攪拌することで雑草の種を深いところに移動させる等の効果により、生育期間中の雑草を減らすことができる。

問題5

不飽和土壌中の土壌水分移動の基本式

リチャーズ式： 水フラックス $q = k(\theta) \times (\partial \phi / \partial z + 1)$

ここに $k(\theta)$ は水分量 θ のときの透水係数、 ϕ はマトリックポテンシャル、 z は鉛直方向の距離。

連続の式 : $\partial \theta / \partial t = \partial q / \partial z$

これらの式を用いて、有限要素法や差分法により細かなグリッド毎に水フラックスを求め、連続の式で土壌水分量を求め、微小時間ごとにこれらの計算を繰り返すことで初期条件からの土壌水分量の変化を繰り返し計算することで任意時間の土壌水分状態を計算する。

問題6

ブロック 1 の取水量は $100 \text{ ha} \times 30 \text{ mm/d} = 1,000,000 \times 0.03 \text{ m}^3/\text{d} = 30,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。同様にブロック 2 の必要水量は $2,000,000 \times 0.025 = 50,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。ブロック 3 の必要水量は $3,000,000 \times 0.015 = 75,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

各ブロックから河川に戻る水量は、ブロック 1 : $100\text{ha} \times (30 - 10) \text{ mm/d} = 1,000,000 \times 0.02 \text{ m}^3/\text{d} = 20,000 \text{ m}^3/\text{d}$, ブロック 2 : $200\text{ha} \times (25 - 10) \text{ mm/d} = 2,000,000 \times 0.015 \text{ m}^3/\text{d} = 30,000 \text{ m}^3/\text{d}$, ブロック 3 : $300\text{ha} \times (15 - 10) \text{ mm/d} = 3,000,000 \times 0.005 \text{ m}^3/\text{d} = 15,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

幹線水路からの流出、流入のポイントを上流からそれぞれ①、②、③、④、⑤とすると、各地点の累計流量はそれぞれ① $20,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 、② $20,000 + 50,000 = 70,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 、③ $70,000 - 20,000 = 50,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 、④ $50,000 + 75,000 = 125,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 、⑤ $125,000 - 30,000 = 95,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

これらの値の最大値が水田地区の用水量なので、用水量は $125,000 \text{ m}^3/\text{d}$ となる。

出題の意図 [灌漑利水学]

1. 土壌物理学の課題として、雨水や水田の浸透等による地下水涵養量を推定することがある。本設問は、水収支の観点から地表面からの水の浸透量を計算するものであり、土壌水分量の増加をどのように考慮すれば良いか等、土壌中の水分の貯留や移動の扱いについて根本的な原理を理解しているかを問うている。
2. 農地を利用した流域治水の代表的な方法である田んぼダムについて、その正確な知識を問う設問である。田んぼダムが通常防災を目的としたダムと異なり、流域の外から流入する水の貯留を想定せず、あくまで田んぼへの降水を下流に流すのを遅らせて、下流への地表水の集中を緩和することが目的であることが分かるかどうかを問うことで、農地を利用した治水の理解が十分かどうかを問うている。
3. 水田灌漑の研究をする上で必要な、基本的な用語に関する知識を問うている。
4. 水田灌漑で重要な代かきについて、その役割を十分に理解しているかを問う設問である。
5. 畑地灌漑等で必要な不飽和土壌中の土壌水分移動に関する基礎的な考え方を理解しているかを問う設問である。リチャーズ式と連続の式という、土壌水分移動を評価する上で必要不可欠な式について、正しく理解しているかを問うている。
6. 水田に必要な灌漑水量を大まかに計算する上で有用なCB法について、この方法を正しく理解しているか、実際に計算できるかを問う設問である。