第Ⅲ部門　　**数値シミュレーションによる地圏・気圏間水循環に影響を及ぼす地下ダムの影響検討**

神戸大学　工学部　　学生会員　○大昇　弘樹
神戸大学　都市安全研究センター　正会員　飯塚　敦
神戸大学　工学部　　正会員　河井　克之

1. はじめに

地球環境問題の代表的なものの一つに砂漠化問題がある．その影響はアフリカ・アジアに集中しており，特にアフリカのサヘル地帯では砂漠化が深刻な状態である．そのような砂漠化が進行している乾燥地・半乾燥地での社会基盤の強化に資する水資源確保の一手段として，地下ダムによる開発が着想されている．地下ダムの主な目的は，地下水を貯留することで乾季との気候変動に対応でき，生活環境の向上と農業貯水の強化を図ることである．

2. 解析手法の検討

砂漠化の主要な原因の一つである塩害に注目し，地下ダム建設が周辺地盤環境，特に土壌塩分濃度の変化に及ぼす影響について解析を行う．まず，移流分散の時間分割（ステップ間隔）と空間分割（要素の大きさ）に対する依存性の検証を行う．次に，地下ダムによる貯水最高水位と地表面塩類集積への検討を行う．最後に，仮想地盤による地下ダムのシミュレーションを行う．解析には，地盤内溶解物質の移流分散を考慮した有限要素プログラム(DACSAR－U-ad)を用いた．

3. 1. 濃度解の時間分割・空間分割の依存性

解析プログラムにおける塩分濃度解の時間・空間分割の依存性をチェックする．図-1 のような問題を考え，要素の大きさ ΔL（要素の一辺の長さ）を 1m，0.5m，0.2m，0.1m と 4 通りの有限要素メッシュを設定した．なお，地下水に飽和量の 30%の初期濃度（c=0.3）を与え，地下水位以下の左端・右端にも境界濃度 c=0.3 を与える．解析領域上端は蒸発・降雨を与え，毎年，同じ蒸発・降雨を 10 年間繰り返す．

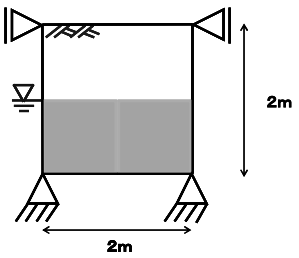


図-1　解析イメージ

4. 1. 解析結果・考察

図-2 に，ΔL=0.5m の場合を示す．Δt=30 日程度の時間ステップで濃度解の値が収束している．ΔL=0.2mの場合でも同様の結果が得られた．一方，メッシュサイズについては，図-3 に示すように，ΔL=0.5m の細かさで解が安定していることから，以降の解析では，メッシュサイズ ΔL=0.5m を用いる．なお，図-3 には，図-1 の解析領域において，上端から 0.5m，1.5 m 深位置での濃度が示されている．

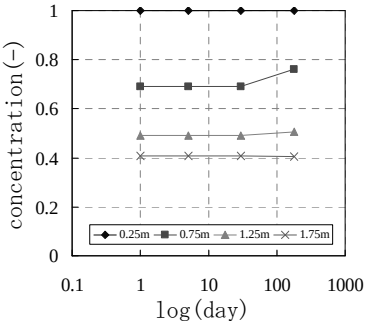


図-2 log(時間分割)と濃度

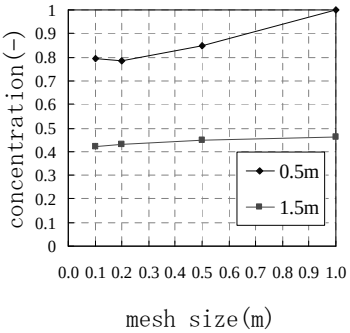


図-3 空間分割と濃度

5. 2. 地下水位による地表面塩類集積の影響の検討

地下ダム建設では，地表の塩類集積を防ぐという観点から貯水最高水位を地表面下 3m以上に設定するのが望ましいと言われている．地下水位を 3～5mにすると同時に蒸発量の与え方も変化させ，この点の検証を行う．

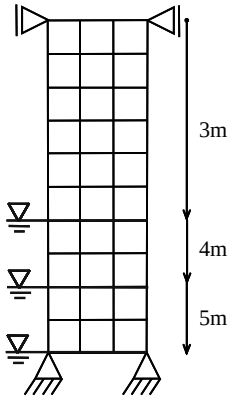


図-4 解析メッシュ

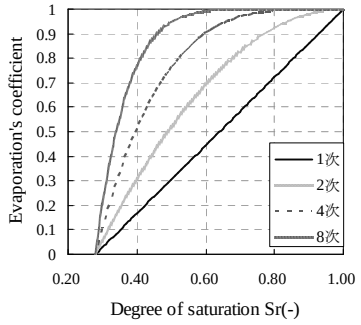


図-5 蒸発係数と飽和度の関係

Hiroki OHNOBORI, Atsushi IIZUKA, Katsuyuki KAWAI

なお，ここでは解析領域左端・右端は非透過・非排水境界とし，下端に濃度境界（境界濃度 c=0.3）を与える．上端には蒸発・降雨（タイの気象）を毎年繰り返し与え，10 年間の解析を行う．

６．2. 解析結果・考察

図-6 に結果の
の一例を示す．
地表面からの
水分蒸発を，
図-5 中の 2 次曲
線で仮定した場
である．地下
水位 3mとした
時，地表面に塩
分析出が見られ

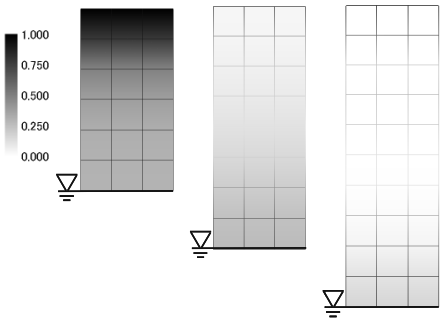


図-6　塩分濃度のコンター図
(左から地下水位 3m，4m，5m)

る結果となった．水分蒸発を 1 次曲線（図-5）で近似すると，塩分の析出は起こらず，しかし，4 次・8 次曲線で近似した場合には，地下水位を 4mとしても塩分の析出が生じる結果となった．経験的な目安である「地下水位を 3m以上に設定する」は概ね妥当なものであると思われる．また，図-6 の地下水位 4mでは，地表面塩分濃度がかなり低くなっている．地下水位 3mの場合との差異が顕著である．当然地盤条件により異なるだろうが，塩類の集積しやすい地下水位があることを示唆している．

７．3. 仮想地盤を用いた地下ダムシミュレーション

ダム堤体の高さ 5mを仮定した場合の解析メッシュを図-7 に示す．地下ダムの堤体は，非排水境界を設定することによって表現している．

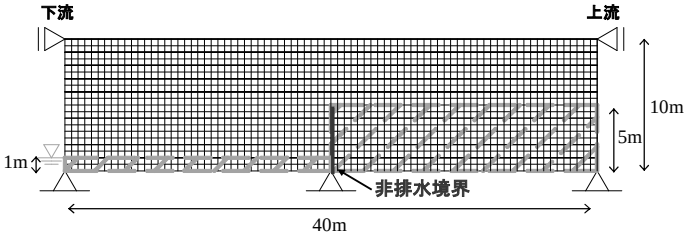
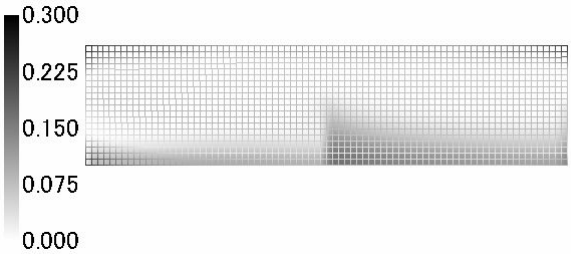


図-7　地下ダム解析メッシュ図
要素数：要素数 1600，節点数 1701
要素分割 0.5m×0.5m

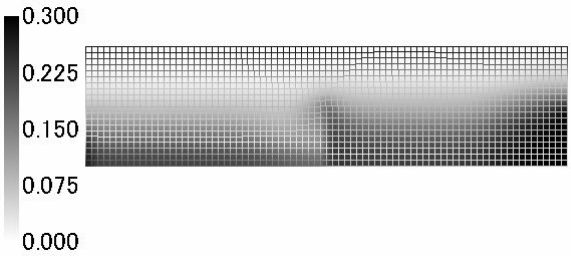
なお，地下水に初期濃度 c=0.3 を与え，地下水位以下の左端・右端に境界濃度 c=0.3 を与える．解析領域上端は蒸発・降雨（タイの気象）を与えた．

８．3. 解析結果・考察

図-6 と同様の蒸発・降雨を与えた場合と，蒸発のみを与えた場合の解析結果を図-8 に示す．地下水位以下の領域で，初期の地下水含有塩分濃度より低いところが見られるなど，降雨による影響が強く現れ，蒸発の影響が過小に評価されているようである．図-9 に，地表面における上流，下流側での飽和度，サクションの経時変化を示す．

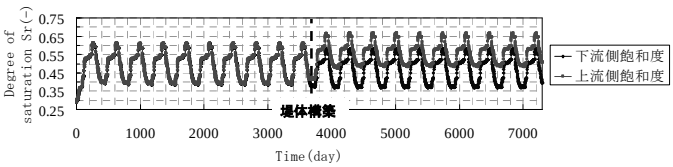


(a)　蒸発と降雨を考慮した場合

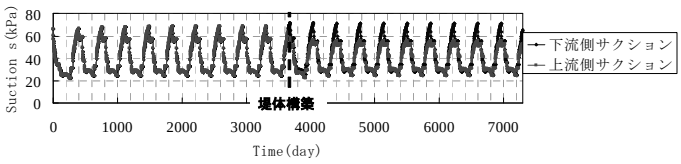


(b)　蒸発のみを考慮した場合

図-8　塩分濃度のコンター図



(a)　蒸発と降雨を考慮した場合



(b)　蒸発のみを考慮した場合

図-9　地表面の飽和度・サクションの時系列変化

９．おわりに

地下水位高さと地盤内の塩類集積の特性を示した．仮想地下ダムの解析を行った．塩害の発生には，地下ダムの形状，地下水位高さと共に，降雨と蒸発のバランスが大きく影響することがわかった．