

熱帯泥炭湿地林域における地下水流動解析
～インドネシア・中央カリマンタン州を対象として～

京都大学大学院・工学研究科 学生会員 ○神田亜希子
愛知工業大学・工学部 正会員 城戸由能
京都大学・防災研究所 正会員 峠 嘉哉
京都大学・防災研究所 正会員 中北英一

1. はじめに

1980年代、インドネシア・カリマンタン島では農業生産拡大と開拓民移住を目的としたメガライズプロジェクトが実施され、熱帯泥炭湿地の排水や灌漑のため人工排水路が造成された。排水された泥炭湿地では表層土壌の乾燥化と地下水位の低下が進行し、森林火災拡大や土壌分解によるCO₂の大量排出が地球規模の問題となっている。そのため、CO₂排出量の測定や森林管理方策の検討のため我が国をはじめ複数の研究機関が現地調査研究を進めている¹⁾。本研究では、排水路改修による地下水位回復効果を定量的に評価することを最終目標として、まず平面二次元飽和帯水層の地下水流動モデルを作成し、現状再現性を評価した上で、排水路建設以前の地下水位を推定し、排水路造成前後の地下水位の変動評価を行った。

2. 対象領域

インドネシア・中央カリマンタン州を流れるカハヤン川とセバングウ川を含む南北55km、東西46kmを解析対象領域とした。二つの河川の間にはドーム状の泥炭湿地林が存在し、メガライズプロジェクトにより二つの河川を結ぶカランパンガン水路と二つの河川に平行なタルナ水路(Fig. 1)、およびそれらに流入する中小の排水路が造成された。排水路建設により周辺土壌水分が排水され、地下水位が低下したことで耕作管理に適した圃場が整備される予定であったが、現実には計画的な農地管理および農業従事者の移民・定住は進まず、野放図な焼畑耕作が継続された結果、森林火災がこれらの排水路付近で頻繁に発生し、排水路建設がCO₂排出量増加の主な要因と考えられている。

3. 解析手法

(1)使用モデル：連続式と Darcy 則を基礎式として、飽和帯水層を対象とした平面二次元の地下水流動モデルを用いた²⁾。基礎式を以下に示す。

$$\lambda \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ k(h-s) \frac{\partial h}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ k(h-s) \frac{\partial h}{\partial y} \right\} + \varepsilon \quad (1)$$

ここで、 λ ：有効間隙率、 h ：地下水位[m]、 k ：透水係数[m/s]、 s ：帯水層基盤標高[m]、 ε ：涵養量および揚水量[m/s]、 x, y ：空間座標、 t ：時間とする。この式で示される涵養量のうち、地表面浸透は Horton の浸透能式に基づいて降水涵養量を決定し、また河川メッシュ上では河川と地下水間の鉛直浸透量を考慮している。空間解像度は100m、時間解像度は1hrで解析を行った。

(2)地表および基盤標高：SRTM 衛星地形データ(1km解像度)から対象領域の100mメッシュの地表標高データを内挿補間して作成した。現地踏査結果と比べて標高値が高い傾向が見られ、衛星観測のために密集樹木樹冠の影響が考えられるが、今回はこの補正は行っていない。また、基盤標高は計算領域一様に-15mとしている。

(3)降水量：対象領域近傍の2001～2010年に観測された日降水量データを利用し、陸面過程モデル SiBUC による対象領域での樹冠遮断量の試算に基づき、日降水量の84%を地表到達降水量とした。

(4)河道および排水路：河道・排水路位置は衛星画像と照合しつつ、周辺領域と比べて上記衛星データから得られた地表標高が相対的に低いグリッドを選択し、河道・排水路を特定した。また河川水位はカハヤン川とセバングウ川の2009～2011年の観測値を利用し、カランパンガン水路水位は両河川との分岐

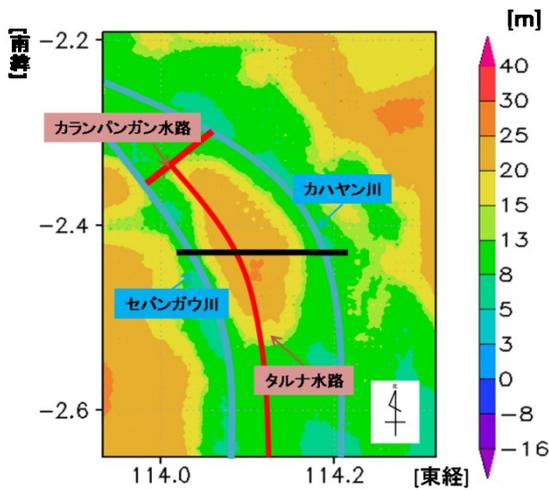


Fig.1 対象領域

点における平均水位, タルナ水路水深はカラバンガン水路との分岐点における水深と等しいと仮定した。

(5)地下水流動に関するパラメータ: 文献や各種調査に基づき数値範囲を設定した感度解析を実施した結果, 透水係数 5.0×10^{-4} [m/s], 最終浸透能 20 [mm/h], 有効間隙率 0.5 とし, 対象領域に一様に与えた。

4. 地下流動解析結果と考察

地下水流動解析の結果を Fig.2 に示す。Fig.2 は, Fig.1 で二つの河川に挟まれたドーム状の泥炭湿地林における東西断面(黒線部)図であり, 排水路建設前後の条件下で, 2010 年降水量データに基づく年平均

均地下水位および水位差を示している。泥炭ドーム中央のタルナ水路水位に影響され, 排水路建設条件下では, 建設前よりも排水路周辺での地下水位が低くなっており, 50cm 以上の地下水位低下がみられる影響範囲は, 排水路周辺の約 4km に及ぶという結果となった。今後地下水モデルの再現性の検証や基礎データの補間方法の検討, 流域全体の水文循環を含めた地下水流動解析を行い, 排水路建設による地下水環境への影響評価を行う。

謝辞: 対象領域内の河川水位データについては, 北海道大学農学研究院・大崎満教授, 高橋英紀教授から提供を受けたことを記して謝意を表します。また本研究は研究大学強化促進事業 SPIRITS「カリマンタン島熱帯泥炭湿地林の回復と炭酸ガスの排出削減に関する研究」の支援を受けた。

参考文献:

- 1)地球規模課題対応国際科学技術協力「インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理」終了報告書 (代表・大崎 満, 北海道大学), 2014.
- 2)城戸由能・北側有輝・中北英一: GCM 空間解像度を考慮した地下水環境への気候変動影響の統計確率的評価手法に関する研究, 水工学論文集, Vol.58, pp.I_1135-I_1140, 2014.

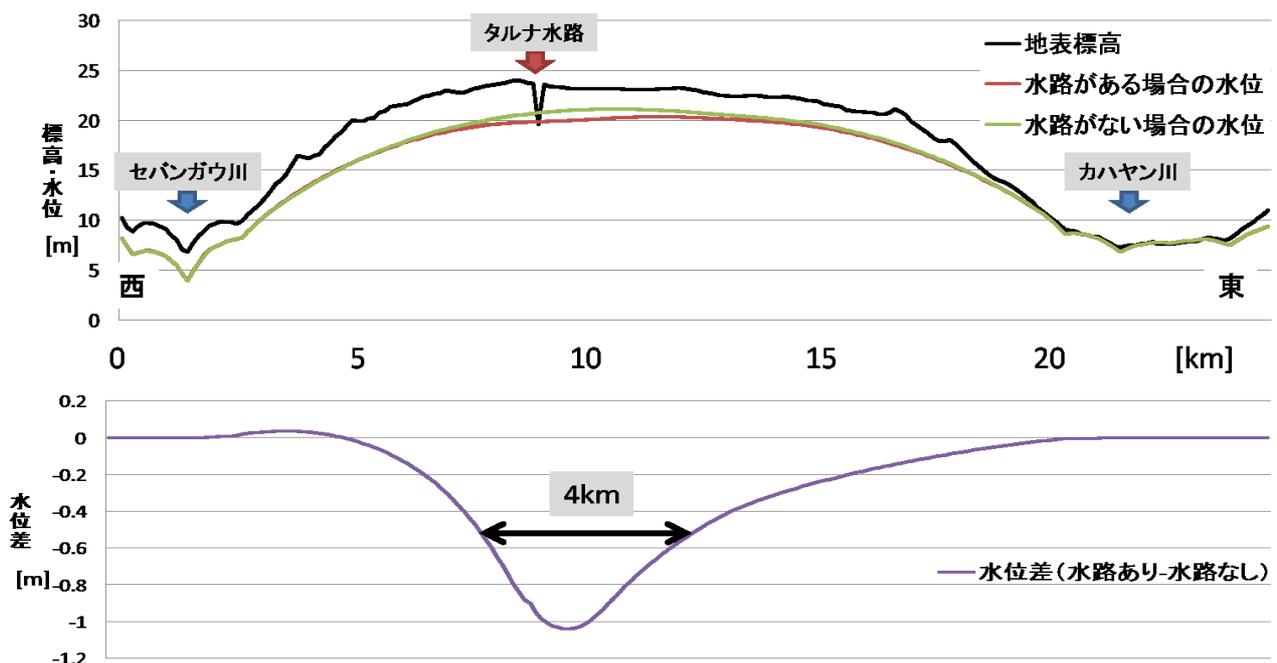


Fig.2 排水路建設前後条件下での 2010 年降水量に基づく平均水位・水位差