

インドネシア・中央カリマンタン熱帯泥炭湿地林における地下水流動解析
Groundwater flow analysis of a tropical peat swamp forest in Central Kalimantan, Indonesia

○城戸由能・神田亜希子・峠嘉哉・北側有輝・中北英一

○Yoshinobu KIDO, Akiko KANDA, Yoshiya TOUGE, Yuki KITAGAWA, Eiichi NAKAKITA

In recent years, tropical swamp peatland in Indonesia has dried because of the drainage canals which have been constructed for agriculture. A large amount of carbon dioxide is discharged by forest fire and soil degradation, and that has become a global environmental problem. Many governmental agencies and research institutes have been working on investigation and research. Some research reports show that improvement of drainage canal is required in order to restore groundwater level. In this study, two-dimensional groundwater flow model is built up in study region for quantitative evaluation of the effect of canal repairing.

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てメガライスプロジェクトに基づき、灌漑や熱帯泥炭湿地の排水を目的とした人工排水路が造成された。排水された泥炭湿地では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二酸化炭素の大量排出が地球規模の問題となり、CO₂排出量の測定や森林管理方策の検討のため多くの国の研究機関が現地調査研究を進めており¹⁾、地下水位低下抑制のために排水路の水位管理方法が検討されている。本研究では、平面二次元地下水流動モデルを用いて、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目的とし、その前段階として現状再現計算を行った。

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ガウ川を含む南北55km、東西46kmを主要な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、メガライスプロジェクトにより二つの河川を結ぶカラパンガン運河と二つの河川に平行なタルナ水路が造成された(Fig. 1)。排水路建設により周辺土

壤水分が排水され、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は行われず、野放図な焼畑耕作が実施された結果、森林火災がこれらの排水路付近で頻繁に発生し²⁾、排水路建設がCO₂排出量増加の一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則を基礎式とした平面二次元の飽和地下水流動モデルを用いた。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：対象領域近傍の空港で 2001～2010 年に観測された日降水量データを利用した．陸面過程モデルによる蒸発散量の試算に基づき，日降水量の 7 割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．また水位はカハヤン川 3 地点とセバンガウ川 1 地点の 2009～2011 年の観測値を利用した．

(5)地下水流動に関するパラメータ：文献や各種調査記録に基づき数値範囲を設定した感度解析を実施した．その結果，透水係数 $1.3 \times 10^{-4} [\text{m/s}]$ ，最終浸透能 $10 [\text{mm/h}]$ ，有効間隙率 0.2 とし，対象領域に一様に与えた．

4. 地下流動再現結果と考察

上記条件とモデルを用いて地下水流動解析を行った．雨季終了の 4 月と乾季終了の 10 月の平均水位結果を Fig. 2 に示す．水路建設前後では水路水位に影響され泥炭ドーム中の水位が低くなっていることが確認される．タルナ水路の深さが 5m 程度と仮定した場合，雨季終わりにには水路に水が流れるが乾季終わりにには枯渇状態になるという結果となった．今後は本研究を足がかりとして，基礎データの補間方法の検討や流域全体の表面流も考慮した上で地下水流動解析を行い，排水路による地下水環境への影響評価を行う．

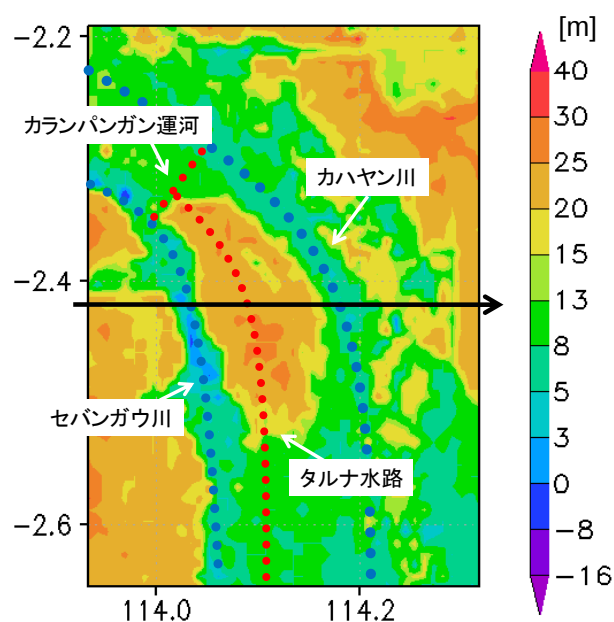


Fig.1 対象領域

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)井上 元：「メガライズプロジェクト⇒泥炭森林の乾燥化⇒火災と土壌分解」シナリオは本当か？第 5 回 KURA 理工会資料，pp.15-22，2012．

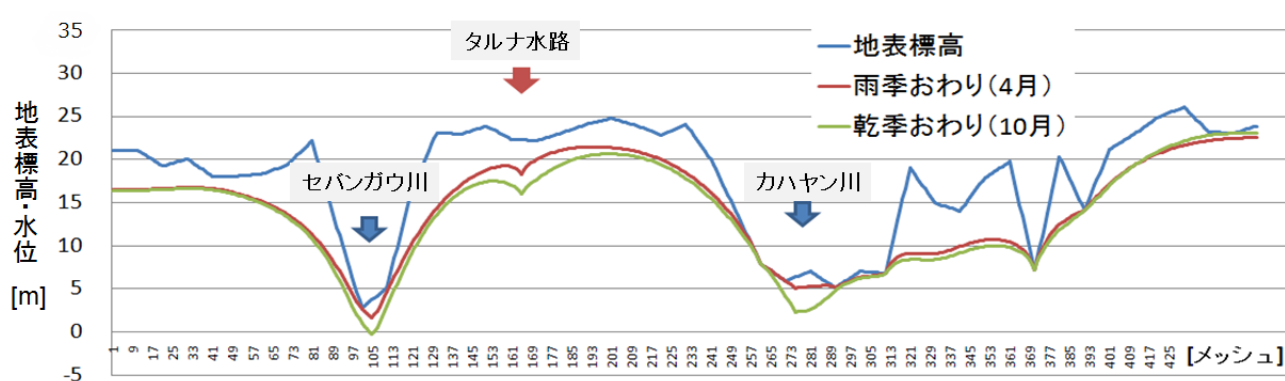


Fig. 2 雨季おわりと乾季終わりの地下水位