

チャオプラヤ川流域の洪水氾濫と地下水の関連性

大阪大学 川崎浩司

1. はじめに

東南アジアの主要な河川流域の一つであるタイ・チャオプラヤ川流域では、洪水氾濫と地下水枯渇が社会的に深刻な問題となっている。また、これらの問題に対して個別の対策が実施されているものの、未だ十分な成果が得られていないのが現状である。そこで、洪水氾濫水と地下水を一つの水システムと捉えた視点から、これらの問題に対する新たな対策の提案・検討を試みたいと考えている。

本報告では、その試みの一つとして、洪水氾濫流と地下水流を同時に取り扱える数値モデルを構築し、チャオプラヤ川流域 Chai Nat ~ Sing Buri 地区に適用することにより同地区での洪水氾濫と地下水の関連性について検討する。

2. 数値モデルの概要

構築した数値モデルは、平面 2 次元氾濫流モデルと U.S. Geological Survey(2000)が開発した 3 次元地下水モデル MODFLOW-2000 から構成される。計算フローおよび氾濫水-地下水の相互干渉の取り扱いは次のとおりである。まず氾濫流モデルから算定された地表面の水位を境界条件として地下水の計算を行う。このとき、氾濫水の地下浸透量も得ることができる。そして、算出された地下浸透量を水位に換算し前の時間ステップの地表面水位から差し引くことにより、新たな氾濫水位が決定される。上述した一連の過程を時間ステップごとに繰り返し計算することにより、洪水氾濫と地下水の現象を同時に計算することが可能となる。なお、地下水現象は氾濫現象と比較して時間応答が遅いことから、氾濫計算と地下水計算の時間ステップ間隔を変えることにより、全計算時間の高速化を図った。

3. 計算条件

図-1 に示すタイ・チャオプラヤ川流域 Chai Nat ~ Sing Buri 地区 (50km × 50km) を対象に、洪水氾濫 - 地下水の数値計算を行う。対象領域には、チャオプラヤ川以外に主要河川であるノイ川がある。また、2 つの河川に沿うように道路 (図中の実線) が築造されていることがわかる。

計算領域を 100m × 100m の正方形メッシュに分割し、土地利用状態に合わせて地表面の諸条件をメッシュごとに設定した。土地利用別の設定パラメータは表-1 に示すとおりである。地質構造は、図-2 に示すように、BK、PD、NL、NB の 4 つの帯水層と 2 つの加圧層から構成される。地下水の初期水面を地表面下 12m とした。帯水層定数に関しては、現地データとの相関性を向上させるために、内挿検定を行うことにより求めた。その結果を表-2 に示す。

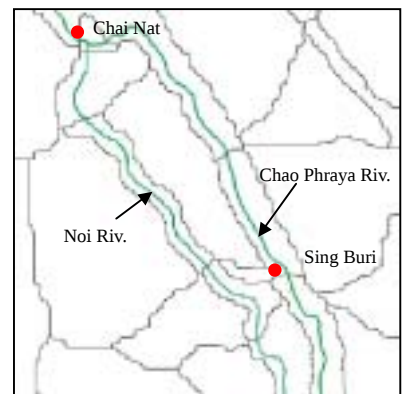


図-1 計算対象領域

表-1 地表面に対するパラメータの設定値

利用状態	粗度係数	標高	地表面透水係数
未開発または水田	0.025	0m	1.59 m ² /s
河川または湖沼	0.025	-10.0m	5.79 × 10 ⁻⁵ m ² /s
道路	0.067	0.5m	1.59 m ² /s

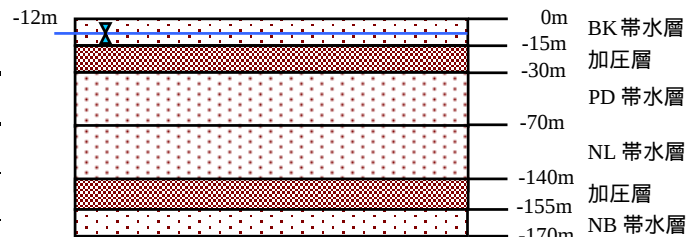


図-2 対象領域の帯水層モデル構造

計算総時間は432時間(18日)であり、計算差分時間 Δt は、氾濫流、地下水流の解析に対してそれぞれ2秒、1時間と設定した。また、2つのモデルを結合する時間間隔を1時間とした。河川の上流端境界では、計算開始から48時間(2日)まで200 m³/sの流量を与え、72時間(3日)で6000 m³/sとなるように流入量を線形的に増加させた。その後は6000 m³/sの一定流量とした。一方、下流端では物理量の空間勾配がゼロとなるように境界条件を設定した。

表-2 内挿検定により算出された帯水層定数

	水平方向透水係数	鉛直方向透水係数	比貯留率	比産出率
BK 帯水層	1.06×10^{-4} m/s (K_x)	1.59×10^{-4} m/s	1.00×10^{-4} /m	0.50
	1.59×10^{-4} m/s (K_y)			
PD 帯水層	9.34×10^{-3} m/s (K_x)	6.61×10^{-5} m/s	3.79×10^{-6} /m	0.27
	2.06×10^{-4} m/s (K_y)			
NL 帯水層	6.67×10^{-6} m/s (K_x)	4.52×10^{-6} m/s	2.27×10^{-3} /m	0.27
	1.86×10^{-4} m/s (K_y)			
NB 帯水層	1.20×10^{-4} m/s (K_x)	1.98×10^{-4} m/s	1.00×10^{-5} /m	0.27
	1.98×10^{-4} m/s (K_y)			

4. Chai Nat ~ Sing Buri 地区での洪水氾濫 - 地下水特性

図-3は洪水氾濫の経時変化、図-4は計算開始18日後の各帯水層における地下水頭の計算結果を示す。図-3より、上流部から発生した洪水氾濫が下流部へと広がっていく様子がわかる。また、チャオプラヤ川流域における洪水氾濫の特徴として、氾濫水の挙動が遅いこと、道路が堤防の役割を担っていることが確認できる。一方、図-4をみると、BK、PD、NL 帯水層で水頭値が増加していることが認められる。さらに、水頭値の増大していく様子は氾濫水の広がりと同様である。特に、第1帯水層であるBK 帯水層ではその傾向が顕著に現れている。以上のことを踏まえると、Chai Nat ~ Sing Buri 地区においては、洪水氾濫の影響が地下帯水層にまで及んでいる、つまり洪水氾濫と地下水の相互作用が顕著であることが明らかとなった。なお、NB 帯水層は洪水氾濫の影響を全く受けていない。これは、NB 帯水層の上部に加圧層が2つもあり、鉛直方向の水移動が強く制限を受けたためである。

5. おわりに

本研究では、Chai Nat ~ Sing Buri 地区を対象に洪水氾濫 - 地下水の結合計算を行い、洪水氾濫と地下水の関連性を検討した。その結果、同地区では、地下水に及ぼす洪水氾濫の影響が非常に大きいことが明らかとなった。また、チャオプラヤ川流域では氾濫水と地下水を一つの水システムと捉える必要性があることを見いだした。最後に、現地データを提供していただいた Kasetsart University の Chukiat Sapphaisai 先生、タイ政府 Department of Mineral Resources ,Ground Water Division の Somkid Buapeng 主任に感謝の意を示す。

参考文献： Arlen W. Harbaugh, et al.: MODFLOW-2000, U.S. Geological Survey Open-File Report 00-92.

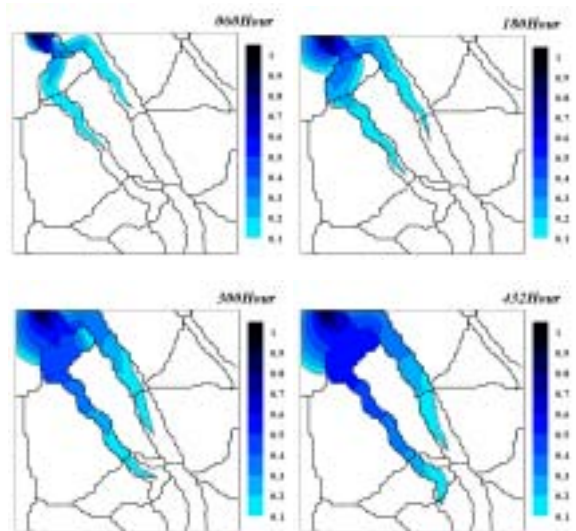


図-3 洪水氾濫の経時変化

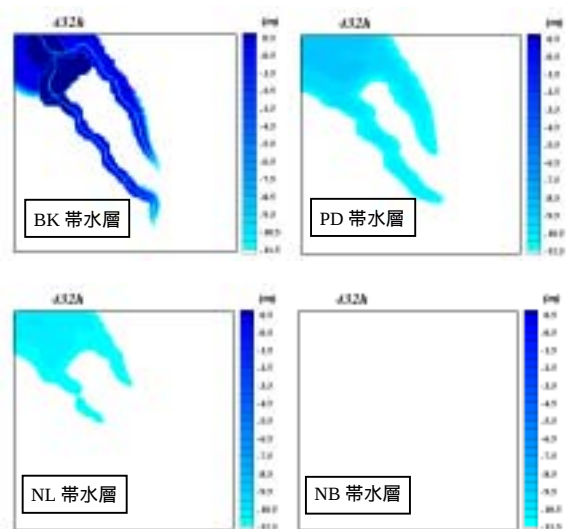


図-4 計算開始18日後の地下水頭分布