

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○外木場康将
大阪大学大学院工学研究科 正会員 川崎 浩司
大阪大学工学部 溝畑 年代
大阪大学大学院工学研究科 正会員 中辻 啓二

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観点から、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。本論文では、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連結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議論する。

2. 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表現方法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で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算出される。そして、地下浸透量を水位に換算することにより、新たな氾濫水位を求めることができる。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-地下水の数値シミュレーションを行う。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。土地利用別のパラメータ設定値は表-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。地下水面は地表面下 12m とした。なお、内挿検定によって、

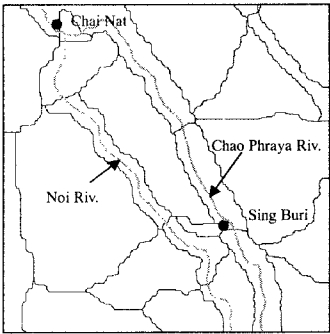


図-1 計算対象領域

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

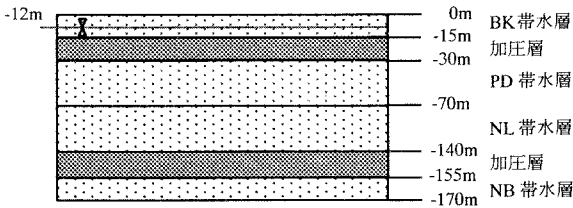


図-2 対象領域の帯水層モデル構造

Yasumasa SOTOKOBA, Koji KAWASAKI, Toshiyo MIZOBATA, Keiji NAKATSUJI

帯水層定数を決定した。算定された帯水層定数を表-2 に示す。計算総時間は 432h(18 日)であり、計算差分時間は、氾濫流、地下水流の解析に対して、それぞれ $\Delta t=2s$, $\Delta t=1h$ と設定し、連結時間を 1h とした。河川の上流端境界条件は次のとおりである。計算開始から 48h(2 日)までは 200 m³/s 流量を与え、48h が経った後、72h(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、計算終了まで、6000 m³/s の一定流量を与えつづけた。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与えた。

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 つあるため、鉛直方向の水の移動が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・地下水の連結計算を行い、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洪水氾濫水と地下水を一つの水システムと捉える必要があることを確認した。最後に、現地データを提供していただいた Kasetsart University の Chukiart 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.

表-2 帯水層定数一覧

	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 (kx)	1.59×10^{-4} m/s	1.00×10^{-4} /m	0.50
	1.59×10^{-4} m/s (ky)			
PD 帯水層	9.34×10^{-3} m/s (kx)	6.61×10^{-5} m/s	3.79×10^{-6} /m	0.27
	2.06×10^{-4} m/s (ky)			
NL 帯水層	6.67×10^{-6} m/s (kx)	4.52×10^{-6} m/s	2.27×10^{-3} /m	0.27
	1.86×10^{-4} m/s (ky)			
NB 帯水層	1.20×10^{-4} m/s (kx)	1.98×10^{-4} m/s	1.00×10^{-5} /m	0.27
	1.98×10^{-4} m/s (ky)			

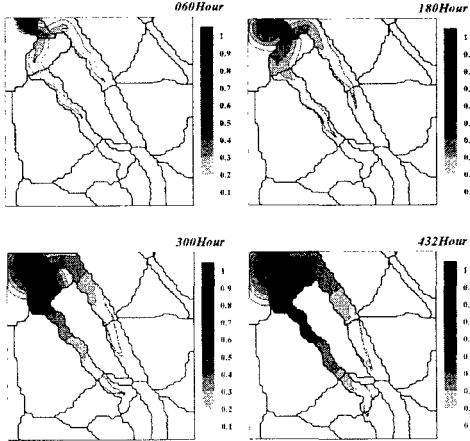


図-3 洪水氾濫経時変化

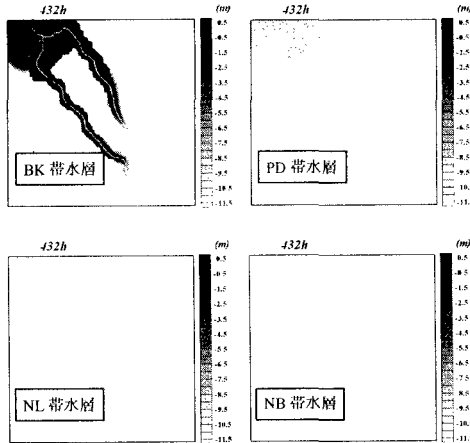


図-4 計算開始 18 日後の地下水頭分布