

水循環可視化モデルの構築に関する研究

Research on the Building of Water Cycle Visualization Model

水循環・まちづくりグループ 研究員 伊藤 将文
 企画グループ グループ長 柏木 才助
 水循環・まちづくりグループ 研究員 後藤 勝洋
 水循環・まちづくりグループ 研究員 川戸 渉

1. はじめに

平成26年に水循環基本法が施行され、健全な水循環の維持、回復のために、水循環に関する施策を総合的かつ一体的に推進する制度的な大枠が整った。本年7月には水循環基本計画が策定され、今後地域ごとの水循環に関する計画や施策の推進が図られることとなるが、このためには、水循環の状態を科学的に把握・分析し、情報共有、合意形成を進めていくことが重要であり、表流水・地下水の挙動の一体解析が可能な水循環可視化モデルの活用が期待されている。

本稿では「水循環可視化モデル」は対象地域の地形、地質、水文、気象、土地利用、水利用等をモデル化し、表流水・地下水の挙動を一体的に解析し、解析結果から表流水・地下水の流動状況、涵養・湧出状況、水収支などを目的に応じて可視化する検討分析を報告する。

2. 水循環解析手法の技術的概要

『河川水と地下水の一体的管理』や『地下水の適正な管理と利用』など、水資源の総合的な管理方針を検討する際に、表流水及び地下水の水量や動態を把握して、関係者の意識共有を図る際の分析手法として水循環解析モデルは有効なツールである。

そのため水循環解析モデルを全国の主要な河川に適用する際に、適切な水循環解析モデルを選定し、その適用に際して必要な資料の収集・整理や解析にあたっての留意事項について検討した。

水循環系の数理解析に利用できる数理モデルは複数の種類が開発されているが、総合的な水管理に際しては、表流水・地下水を一体的に解析し、表流水と地下水の相互関係（湧出・伏没等）の把握が可能な「表流水・地下水連成解析」モデルが有効である。

適用性を検討するにあたっては、全国的に適用事例の多いGETFLOWSを中心に、全国の流域において水循環可視化モデルを汎用的に構築することを念頭に検討を行った（図-1）。

なお、解析モデルを問わず表流水・地下水連成解析の実施に際して必要となる基礎資料は同様であること、解析結果の可視化方法は類似していることから、他の解析モデルを用いる場合でも、同様の考え方で応用す

ることによりデータ整理、解析に活用することができる。

表-1 水循環モデルの分類

解析の分類	概要
水文流出解析	解析対象領域の時系列的な降水に対する河川からの流出応答を再現・予測する。簡易的な地下水系のモデルを含むものもある。
地下水解析	飽和帯や不飽和帯における地下水の流れについて計算する。基本的には降雨、河川、湖沼などの地表水との相互作用は計算の外力条件として扱う。
表流水・地下水連成解析	本来関係しあって連動している地表水と地下水の流れを同時に計算する。完全に連成する場合には、地表水の速い流れと地下水の遅い流れを同時に計算するため、技術的に高度で難しい。

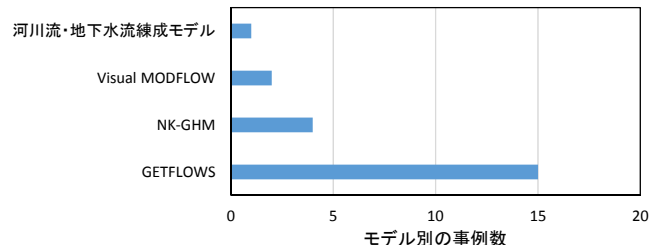


図-1 国内の表流水・地下水連成解析の既往事例

3. 水循環可視化における主な留意点

水循環可視化モデルの水循環解析情報を可視化することを念頭に置いた適用検討を行う際に留意すべき主な点として、次に示す5点が挙げられる。

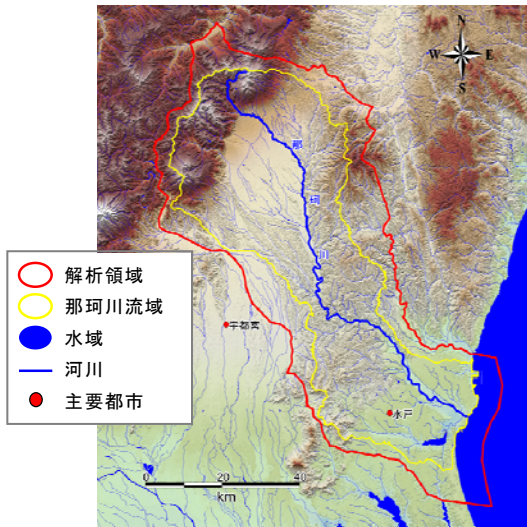
- 1) 解析目的に応じた空間・時間スケールの設定
- 2) 資料収集整理及び観測データの確認
- 3) 計算対象領域のモデル構築
- 4) モデルの同定・検証・再現計算
- 5) 解析結果の可視化

解析事例に関する報告書を収集・整理した、各項目の要点を以下に示す。

- (1) 解析目的に応じた空間・時間スケールの設定

解析対象領域における空間解像度は流域の地形の再現性に留意して設定することが重要であり、対象とする流域の地下水の動態を考慮した「水循環域」を解析

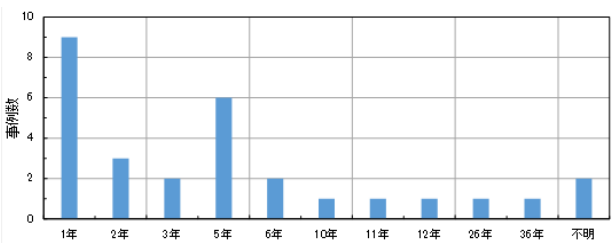
対象範囲とする（図－2）。



図－2 那珂川流域モデルの解析領域の例

また、解析の対象期間の時間分解能は、解析目的および気象観測資料や検証に用いる水文観測資料の観測状況を考慮して設定することが重要である。

渇水時の水循環再現を目的とする場合、再現・検証期間は1～5 ヶ年程度を検証期間とする例が多い（図－3）。対象期間には渇水年を含むことが重要で、観測データの整備状況を考慮すると、対象期間はデータのデジタル化が行われている時期であることが望ましい。



図－3 現況再現における再現・検証として採用された期間の分布

(2) 資料収集整理及び観測データの確認

水循環可視化モデルの構築ならびに計算結果の検証には、気象、地形、地質、土地利用、水文、水利用（地表水、地下水、取排水系統等）の観測値などの資料を用いる必要がある。

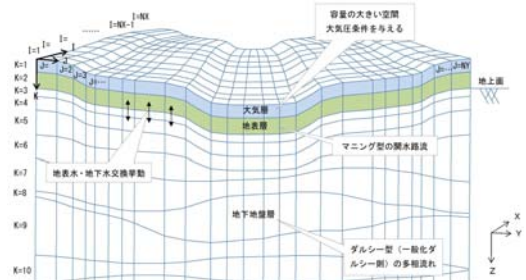
資料収集・整理および観測データの確認は、個別データ及び降水量と河川流量等、関連する相互のデータを比較した信頼性の検証について、以下の3点に留意して作業することが重要である。

- ・モデル構築に必要な資料収集漏れ防止
- ・観測データの確認および補完
- ・入手したデータの信頼性の確認

(3) 計算対象領域のモデル構築

計算対象領域のモデル構築の段階では、大気層、地表層、地下地盤層の支配的な物理法則に基づき、以下の3点に留意して作業を進める必要がある。

- ・モデル化対象施設等の選定
- ・地質構造の推定
- ・平面格子分割と3次元モデルへの展開



図－4 3次元格子モデルの概念

(4) モデルの同定・検証・再現計算

水循環可視化モデルは、再現計算により水理パラメータの検証を行い、再現性を確認した上で再現性の優れた水理パラメータを同定する必要がある。再現性の優れた水循環可視化モデルとするためには、適切な水理パラメータを再現計算によって確認し、同定することが重要である。

検証は、水利用を考慮しない自然状態と水利用を考慮した状態の2段階で行うことが効率的である。

(5) 解析結果の可視化

既往事例において解析結果を可視化した例を、「表流水」、「地下水」、「表流水、地下水の動き」及び「物質循環」の視点に区分して解析結果より得られる項目の可視化例を整理した。

表－2 区分毎の水循環解析の可視化対象項目

区分	対象	
表流水	流量	低水流出・洪水流出
	表流水の水位	
	ダム貯水量	
	その他	最大浸水深別面積 フレッシュ度 など
地下水	地下水水位	地下水水位・地下水面の深さ
	地下水流動	流動方向（ベクトル）・流動速度 流動量 など
	飽和度	
	その他	地下水年代 水理ポテンシャル
動地表水	湧出量・涵養量	
	水収支	流域・地下水盆の水収支
	流動	流動経路 流線年代
物質循環	水質・塩分濃度・水温 など	