

統合型地圏水循環モデルを用いた地下水資源管理

我が国では、水資源利用全体の20%弱が地下水といわれています。日本列島は起伏に富み、多数の盆地と呼ばれる地域では周辺山岳地からの砂泥が流入・堆積し良好な地下水帯水層ができています。また火山山麓の風化溶岩層などを通過した地下水が周辺に湧水として良好な水資源をもたらしている場所も数多くあります。

このような地下水を市町村単位や企業単位で大量に利用している場合には、通常、揚水量・地下水位を監視するなどの地下水管理が行われています。しかし、井戸観測からわかることは限られますので、より広い範囲での涵養源や貯水構造を知り、地下水を利用することが望まれます。

平成26年7月に施行された水循環基本法では、水の公共性・将来への持続性を踏まえた流域の表流水・地下水の総合的な管理が求められております。これを実現してゆくためには、流域情報の総合化と科学的管理が必要と考えられます。

弊社の地圏水循環シミュレーション技術(GETFLOWS)は流域の地表水・地下水を完全に一体的に追跡できる3次元流域モデルにより、地表・地下状態の“見える化”を実現します。これにより、①地下水帯水層の構造、貯水量、涵養域、涵養量、揚水量の適切性や改善すべき点などが定量的に推定されます。また、②地下水位・水質モニタリング法の提案、③人工涵養施設、地下ダム等貯水施設、塩水化対策、流域環境整備等に関する評価・設計を行います。これらの結果は行政や市民がわかりやすい様々な情報として提供されます。

神奈川県秦野市における3次元流域モデルの構築・活用例

(神奈川県及び秦野市のご許可を得て、平成24～27年度秦野市地下水モニタリング事業委託業務報告書より図を引用しました)

神奈川県秦野市は山岳地に囲まれた盆地に位置し(図-1)、周辺山岳地からの水が多数の湧水・名水を作り、市民の上水や産業活動の7割程度に盆地中央部帯水層中の地下水が利用されています。地質調査、地下水調査・モニタリングが長年行われており、平成15年に地下水総合保管理計画が策定され、平成19年度からは「かながわ水源環境保全・再生市町村交付金」を活用し流域モデルの構築も行われ、安定かつ安心な地下水の供給・保全、名水の保全、環境保全等に積極的に取り組んでいます。ここでは、秦野市の3次元水循環解析事例を利用させていただき、自治体における地下水管理ためのモデル解析に関し紹介します。



図-1 秦野盆地 (引用注1)

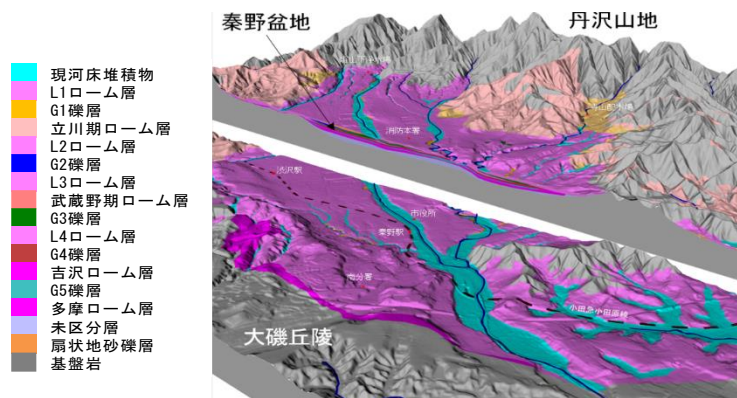


図-2 秦野盆地の地質推定図(引用注2)

具体的な流域シミュレーション手順

プロセス1. 流域情報の収集・整理

当該地域の気象情報、地質情報、河川・地下水観測情報、湧水点・湧水量情報、井戸情報、環境情報等を収集し整理します。

プロセス2. 3次元流域モデルを作る

精細な地形情報、地質情報(図-2)、土地利用を反映するように流域内を多数の地形に沿う格子に分割し、深度方向へは地質に応じて数十層に分割します。(図-3)

プロセス3. 格子に水理物性を与える

地質・植生・人工物・岩種などに応じて、各格子に水理パラメータ(間隙率、透水性、粗度など)の初期推定値を図-3の全格子に割り当てます。

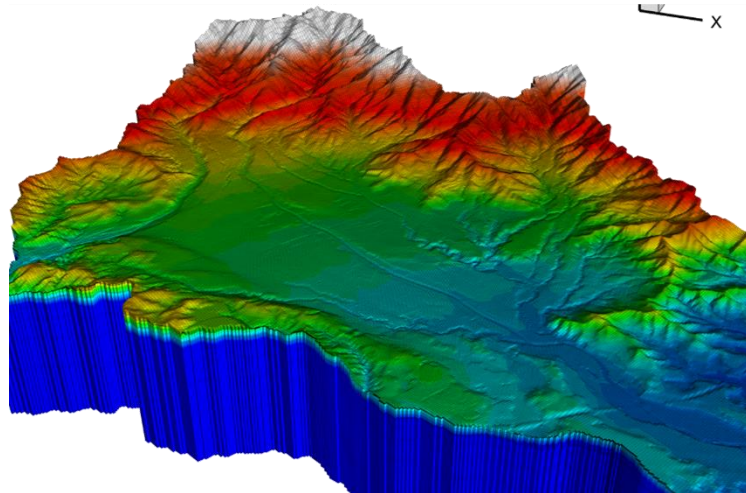


図-3 秦野盆地3次元数値モデル(引用注2)

地質情報は一般に、大域表層地質図(産総研)、井戸掘削時のコア・検層情報、周辺開発時の地質調査情報、学問的な調査報告書などを参考に、専門家が推定をします。

プロセス4 流域初期化（近現在状態の作成）

格子システム（場）の内部に水・空気などの流体を入れ、初期状態（観測が始まる頃の状態）を作ります。一端、地下を完全水飽和状態、地表層を完全に空気のみとして、年平均雨量を与えながら計算を進めます。内部の地下水は低地に湧き出し河川を形成し、山岳地では地下水面が大きく低下し、やがて降雨量と地形・物性が釣り合った平衡状態に達します。次に月単位、日単位の降雨を与え現在（観測が始まる時点）に次第に近づけます。これを観測開始時点の状態と考えます。

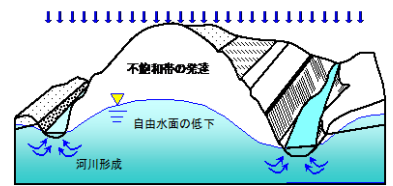
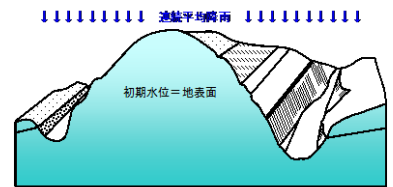


図-4 初期化過程における地下水面・河川の変化

プロセス5 観測情報の再現性確認と結果の検討

観測期間の降水量を入力し、観測情報（河川流量、揚水量と地下水位変化、湧水点位置・湧水量、水質など）と計算値の比較を行います。多くの場合、良い再現性が得られますが、ずれる場合には、その理由を考察し、必要な場合には地質（水理パラメータ）の調整などを行い再現性を改善します。

再現計算から得られる情報

- 再現計算から以下のような過去から現在までの状況が明らかになります。
 - ・地下水資源量の季節変化、年変化、長期的変化
 - ・涵養域・湧出域マップ（図-6, 7）
 - ・地下水位の時間変化（図-5）、地下水流線図（図-8）
 - ・河川流量観測点等の時間変化
 - ・各種のアニメーションなど
- これらの結果から、現在の涵養量と利用量のバランスの適否、井戸配置・揚水量の適否、涵養域の健全性、改善方法などの検討を行うことができます。

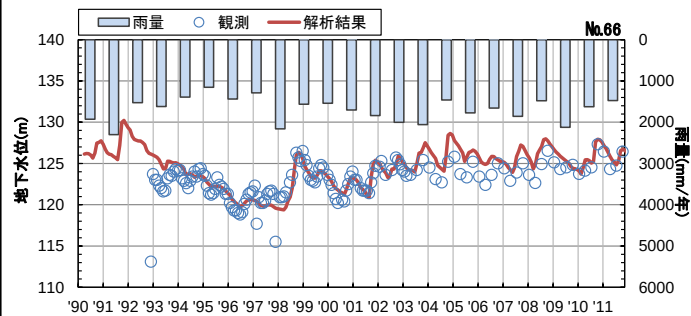


図-5 地下水位の観測値と計算値の比較（引用注2）

プロセス6 管理・将来計画の策定

再現計算終了後、水資源管理上知りたいケースを設定し解析を行います。例えば、

- ・気候変動下（降水量が少ない場合）での渇水リスク評価
- ・新たな集合井戸などの建設位置、適正揚水量、監視井戸配置の検討
- ・涵養域保全対策と効果
- ・産業による地下水利用、汚染の可能性と対策
- ・将来の社会的変化と水利用予想

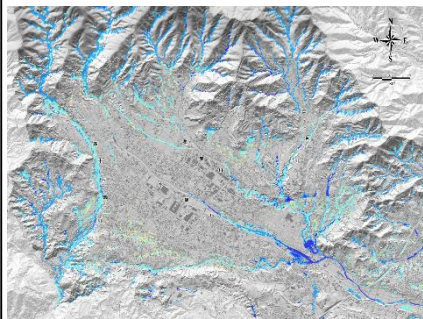


図-6 湧水域分布（引用注2）

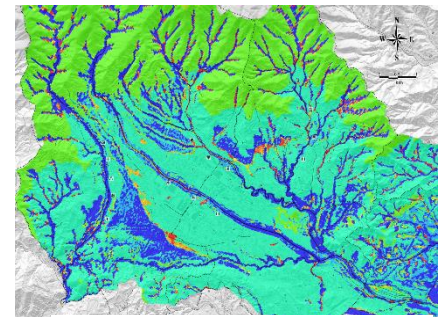


図-7 涵養域分布（引用注2）

モデル解析を行うメリット

人間は様々な情報を見て全体を想像することはできますが、個人差が大きく百家争鳴になりかねません。

モデル解析は情報の総合化を通して水利用政策の意思決定に信頼性・客観性のある情報を提供するとともに、地下の見える化を通じて市民への説明システム（アニメーションなど）の設置等による啓蒙活動にもつながります。

図-6(上), 7(上), 8(右)はシミュレーションにより描き出された流域の様子

- ・湧水域は地下水が湧き上がる河床や湧水点
- ・涵養域は降水の浸透する地域
- ・流動図には盆地内の河川の伏流・湧出、地下水の集水構造が見える。

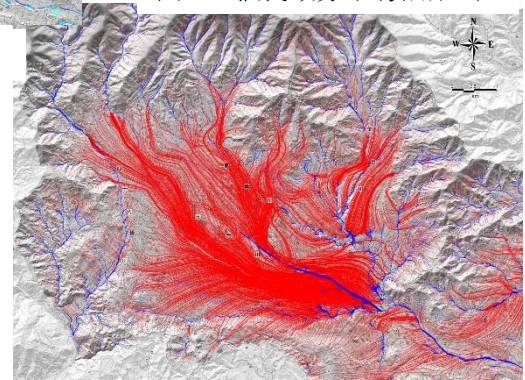


図-8 流動の様子（河川の流れ（青）と地下水流（赤））（引用注2）

簡易評価指標を利用した管理

毎日の管理でモデル計算を行う必要はありません。それに代わり、複数のケーススタディの結果から相関関係を作り、観測値の動きから通常の範囲内か異常かなどの日常管理ができます。新たにモデルを動かすのは、年1回など定期的か、計画変更など必要な時にを行います。

引用注1：カシミール3Dにて5m スーパー地形図より作成(<http://www.kashmir3d.com/>)

引用注2：平成24～27年度秦野市地下水モニタリング事業委託業務報告書

参照URL：秦野市公式ホームページ内「秦野市地下水総合保管理計画」

お問合せ：企画営業部（奥村、峯岸）03-5297-3811

ホームページ：<http://www.getc.co.jp>