



国土スケールの水循環モデル開発 — 1kmメッシュから500mメッシュへ —

研究・開発機関 : 株式会社地圏環境テクノロジー
 利用施設 : 地圏環境テクノロジー社内設備
 計算規模 : 総計算コア数920コア
 利用ソフトウェア : 自社開発水循環解析コード GETFLOWS

Before

- 2009年に1kmメッシュの第一次国土水循環モデルの開発に着手し、自由度数が約1億の計算を約500コアの並列処理で実現しました。
- 地下水も含めた流域界の抽出や大きな水循環系の可視化情報として利用されましたが、空間解像度が粗く、土木工事や災害対策事業等で必要とされる地下水に関する実用的な情報を得るところまでは至りませんでした。

After

- 500mメッシュの第二次国土水循環モデルを開発し、温度や塩分濃度を含む自由度数が約5億の計算を920コアのスカラ型並列処理で実現しました。
- 第一次モデルに比べ分解能が倍になり地下水位や流動経路など、より高精度な情報が提供可能になり、地盤環境や流域の全体像を明らかにできるようになりました。

背景と目的

健全な水循環の維持・保全を基本理念とした水循環基本法の施行から1年以上が経過し、既に行政や関連学会等で活発な議論がなされています。水循環は、通常、地表水と地下水を一体化して扱い、その流入流出の収支が閉じた流域を単位に管理がなされます。流域水収支の時間・空間変動を監視することは、地下変動の傾向を早期に捉え、将来の水循環の持続可能性を論じる上で極めて重要です。

地圏環境テクノロジーでは、2009年に日本全国を対象とした国土水循環モデルの開発に着手しています。当時の社内設備の能力を考慮しつつ全国を1kmでメッシュ分割し、水・空気・塩分の2相3成分系の流体システムにより解析を実施しました。解析の結果は湧出量・涵養量(地上の水が地下へ浸透すること)や流動経路などの形で可視化され、水資源管理などへの活用の可能性を示しました。これはある程度の反響を呼び、一部メディアにも取り上げられました。

しかし、このモデルは地質構造が単純であるため、既往の検討で得られている透水係数や有効間隙率などの水理物性が反映されず、また等温流体を仮定しているために温度トレーサーが活用できないなど、改善可能な箇所が多くあり、引き続き、更に高精細の500mメッシュの第二次国土水循環モデルの開発を行うことになりました。

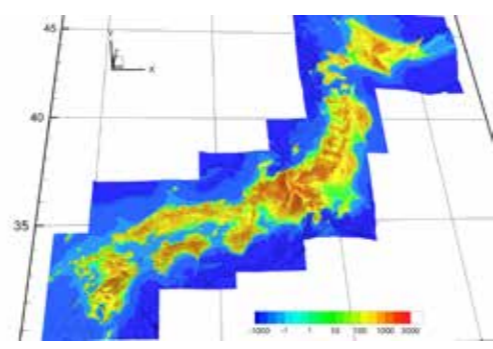


図1 日本列島の3次元数値モデル

利用成果

気象データの平年値を条件として与え続けた平衡流動場を解析しました。総格子数は約1億3000万、格子毎の圧力、水相飽和度、塩分濃度、温度の計4変数を求めると総自由度は約5億2000万となります。

図2は一級河川を対象に横軸に平均流量の階級、縦軸に階級毎の地点数を取った、解析結果と観測値の比較です。解析結果は観測値の階級分布をほぼ再現し、両者間には整合性が取れていることが分かりました。

河川流量は地下水の湧出によって維持されるため、地下水の起源である地表面からの涵養量はほぼ妥当と考えられます。しかし、流量約1m³/sより低い範囲では解析結果は観測に対して過大であり、500mメッシュでは小規模河川における現象の再現は難しくなることが分かりました。

図3に山岳域、段丘域及び平野域における不圧地下水(地下水面を有する地下水)等高線を示します。同様の等高線を作成できる観測データは得られなかったため、ここでは既に検証がなされた別モデルによる解析結果と比較しました。いずれも、地下水面形はほぼ整合する結果となり、図中の矢印で表した1～3地点の平均的な動水勾配は、検証済モデルと本モデルでそれぞれ0.104、0.109(山岳域)、0.010、0.0098(段丘域)、0.008、0.009(平野域)と近い値でした。

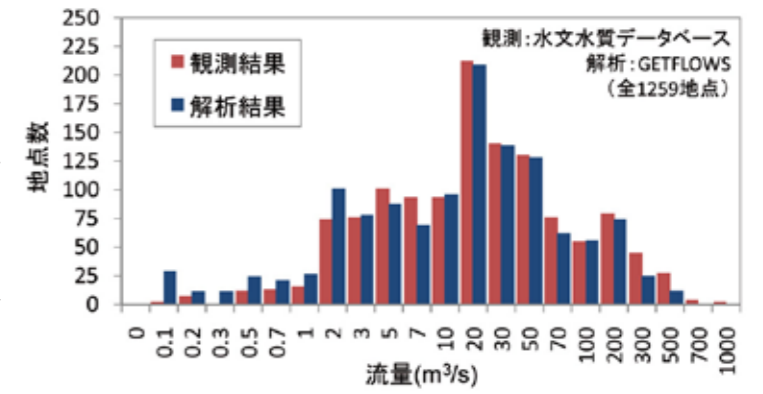


図2 全国一級河川の平均流量の解析結果と観測値の比較

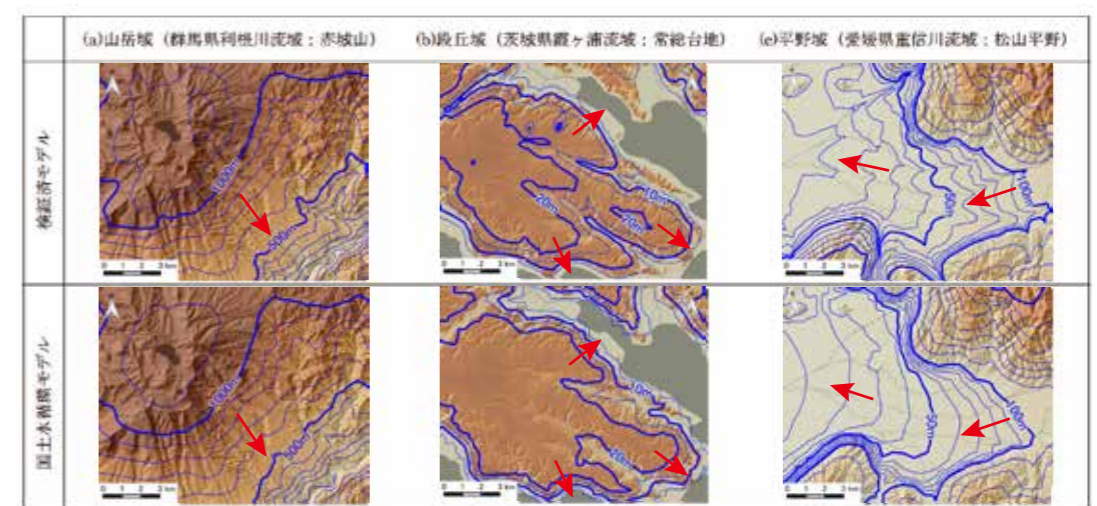


図3 山岳域、段丘域及び平野域における地下水面形状の解析結果と検証済みモデルによる解析結果との比較

国土水循環モデルを活用し、そこで得られるデータを継続的に蓄積・再利用することにより、巨大なデータを実用速度で処理することが可能となり、現場の時間的・コスト的制約から困難であった地下水情報の利用を推し進めることができます。

今後は、この国土水循環モデルによるリアルタイム計算、また実務への適用性検証などを進めて、健全な水循環の維持・保全に役立てていくつもりです。

出典: 森ほか、流域の視点で捉える水循環モデリングと地下水流動解析データの工学的利用、地盤工学会誌 第64巻 第2号、pp.14～17、2016