

筑後・佐賀平野と背振山地における水循環の解明のためのモデル構築に関する検討

九州大学工学部 学生会員 ○岩本 隆志 九州大学大学院 正会員 江崎 哲郎
九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩 九州大学大学院 学生会員 村上 あすか
九州大学大学院 非会員 安村 圭亮

1. はじめに

近年の人為的な活動や地球規模の気候変動により、水循環に関する様々な弊害が露呈しているといわれている。水循環の変化は、現代社会の持続可能な発展を根底から揺るがす可能性もあり、自然環境保全の認識をもって、健全な水循環系の保持・再生に取り組まなければならない。

水循環系の健全化を目指す取り組みは、水循環機構を解明・把握することが前提であり、過去の研究においても、特定の地域を対象とした水循環モデルの構築や水循環機構の解明・把握手法の提案が数多くなされてきた^{1)~3)}。しかし、地形・地質条件、人間活動の影響等の相違によって、水循環モデルの構築手法や水循環の挙動は異なり、地域の特性に合ったモデルの構築手法を考える必要がある。さらに、水循環は時間的、空間的に捉えることが重要であり、従来の手法では、十分とはいえない。

そこで本研究では、筑後・佐賀平野、背振山地の2地域を選定し、それぞれに対して、地域の特性を考慮した水収支解析、地下水流動解析を行い、GISを用いて水循環に関わる様々な空間情報を定量的に統括・管理して、水循環の時空分布を把握し、その挙動を捉える。その過程で、両地域の比較・検討を行い、水循環の解析モデル構築にあたって、地域の特性や条件をどのようにモデルに反映させるかについて検討する。

2. 筑後・佐賀平野における水循環

筑後・佐賀平野は、北、東、西を山地に、南を有明海に囲まれており、平野の大部分が低平地からなる。そのため、多種多様な土地利用がなされており、中でも、水田が平野の70%を占めるなど、耕地利用率が非常に高いことが特徴的である。

筑後・佐賀平野における地層は、最上部に有明粘土層、その下部には砂礫層と粘土層とが互層する洪積層が厚く分布し、その間に数層の帯水層がある。有明粘土層内には浅い不圧地下水、洪積層内には被圧地下水が分布している。

また、筑後・佐賀平野は農業用水、工業用水ともに地下水への依存が高く、特に渇水時では過剰な地下水揚水と、それに伴う地盤沈下が危惧されている。

2.1 筑後・佐賀平野における水収支解析

筑後・佐賀平野における被圧地下水は平野周辺部からの涵養や地下水揚水による影響が大きい。また、筑後・佐賀平野では多種多様な土地利用がなされており、水循環を捉えるためには、地表面を境界とした水収支解析を時空間的に行うことが重要である。そこで、GISを用いて、各産業の水利用の現状や土地利用状況、気象などを考慮し、1979年から2001年までの23年間について、1月単位、1kmメッシュ単位で揚水量

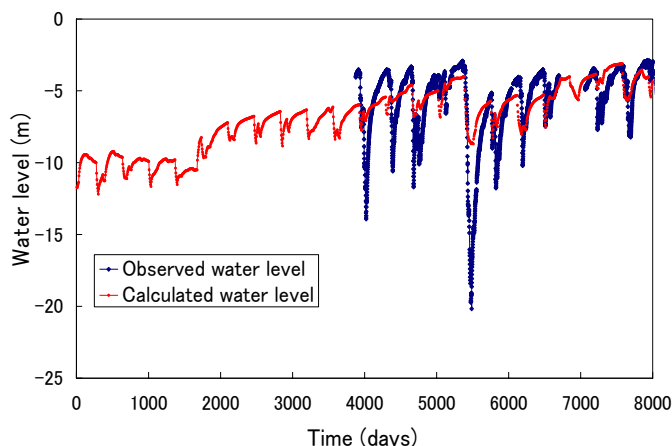


Fig.1 Calculated and observed water level (Fukudomi No.1).
および涵養量を求める。

農業、水産による揚水量は、既往の調査では十分な精度が得られていないので、農業については、作物の生育に必要な需要水量を考慮し、降雨で賄いきれない量を灌漑用水や地下水で補給すること、水産業については、海苔1枚につき10lの淡水を使用することなどを考慮し、それぞれ、生産物統計をもとに地下水揚水量の推定方法を提案する。工業、水道、建築用水の揚水量に関しては調査統計から求め、全揚水量の時空分布を算出する。涵養量については、まず、降水量、蒸発散量、流出量、浸透量からなる水収支式に、地表面からの農業灌漑用水量を考慮し、浸透量を算出する。さらに、水田に関しては96%が横浸透によりクリークに流出することを解析により明らかにし、その残りの4%を涵養量とし、平野全体の涵養量時空分布を算出する。

2.2 筑後・佐賀平野における地下水流動解析

解析範囲は、東西60km、南北45kmの低平地全域とする。解析メッシュは、各種データの空間単位と、出力結果の精度を考慮して、1kmメッシュを使用する。地表面の境界に、水収支解析により得られた揚水量、涵養量を用いることにより、時空間的に地下水の挙動を捉える。側方の境界条件は、分水嶺を不透水境界とし、海面、河川は定水頭とする。帯水層は、水理地質を考慮して沖積層(有明粘土層)、洪積層の2層に大別し、その下部には第三紀層(岩盤)を設け、調査データをもとにモデルに層厚を与える。不圧初期地下水位は地表面以下0.5mの位置に浅部地下水位の分布を、被圧初期地下水位は実測コンターを用いて分布を作成する。

解析は、1979年から2001年までの23年間で1月単位で行う。例として地下水位長期観測所(福富 No.1)における計算値と観測値との比較をFig.1に示す。解析結果より、地下水の季節的変動や、大渇水の影響などの挙動を捉えることができた。

3. 背振山地における水循環

背振山地は、九州北部に位置し、筑紫山地の一角をなす山地で、標高は1,000 m 前後だが、海に近いために標高差が大きく、比較的険しい山地である。全体をほぼ森林が占めており、人為的な土地利用はほとんどない。また、山地における降雨量や地下水位などの観測データは非常に少ない。地質は大部分が花崗岩から構成されている。

背振山地は、現在、九州新幹線鹿児島ルート上の筑紫トンネルが建設されており、トンネルの建設及び供用後の周辺の水循環の挙動、周辺環境への影響を定量的に評価するために、トンネル建設前後におけるトンネル周辺の水循環の変化を考える。その前段階として、背振山地広域における地下水の挙動を捉える。

3. 1 背振山地における水収支解析

背振山地においては、自然の作用による地表水の涵養が重要となり、土地利用や人間活動による揚水量は考慮しないものとする。したがって降水量、蒸発散量、流出量、涵養量のみを考慮する。この水収支解析を筑後・佐賀平野と同様に、GISを用いて過去11年間のデータをもとに行い、1月単位、1 km メッシュ単位で涵養量を算出し、地下水流動解析に用いる。

3. 2 背振山地における地下水流動解析

背振山地では、断層破碎帯の存在による複雑な地質や、地形起伏が著しいという条件により、解析領域側方の境界の設定が困難であり、地下水の挙動を適切に捉えることも難しい。そこで、東西約20 km、南北約25 km 四方の背振山地広域を解析範囲に設定し、広範囲の地形・地質条件を考慮して、トンネル周辺における地下水の流動を検討する。解析領域側方の境界条件は、尾根線を不透水境界とし、河川を定水位とする。帯水層については、地表面から強風化層、風化層、新鮮岩の層をモデル化し、底部境界を海拔-1,000 m とする。初期地下水位は、観測井戸の水位データと、地下水位の調査データをもとに、地表と地下水位の関係式を推測し、算出する。

解析は、地下水位の変動が落ち着くまで数年間を1月単位で行う。解析の進行に伴い、水位が地表面標高を越える点が発生するが、これは湧水地点と考え、随時、地表標高で水頭

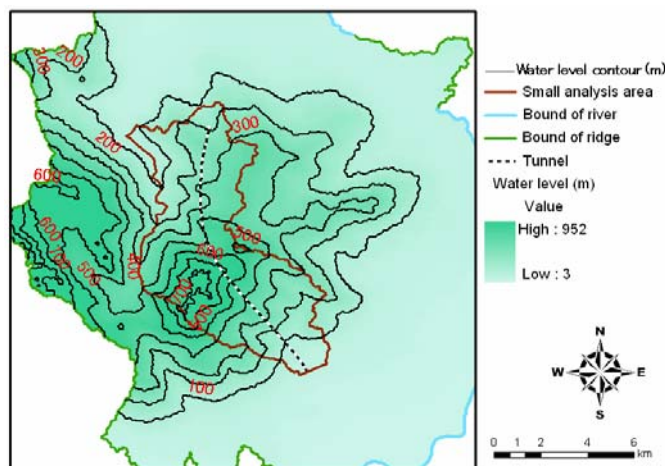


Fig.2 Calculated water level contour map (Sefuri mountain area).

固定する。Fig.2 に広域における地下水位の分布を算出した結果を示す。この結果を用いて、山地における地下水の挙動を適切に表現することができ、トンネル周辺部分の境界条件を捉えることができた。

4 まとめ

GISの空間情報の管理・解析機能を活用して、Table 1 に示すような、異なる2つの地域において、解析領域の特性を考慮した解析モデルを構築し、時空間的な水収支解析を考慮した三次元地下水流動解析を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・筑後・佐賀平野では、人間活動による水利用が活発であり、農業の生産状況、灌漑用水の計算方法、水利用状況、水産業の生産状況、土地利用等を考えて、地表面を境界とした時空間的な水収支解析が必要となる。
- ・山地の狭い領域を対象とした解析では、地質・地形条件から、領域側方の境界の設定が困難であるため、広域での解析を行い、境界条件を明確にする必要がある。

今回取り上げた2地域の事例のように、地形・地質や、土地利用などの地域の特性を考慮したモデルの構築、解析を行うことで、地表面を境界とした水循環の挙動を捉えることができた。地域の特性や条件は、場所や周囲の環境によって異なり、水循環の問題を取り扱う際には、それらを考慮したモデルの構築、解析を行う必要がある。

<参考文献>

- 1) 深見和彦他：GISを活用した水循環解析モデルの提案とその適用性 ―山地森林域の河川流域を対象として―，土木技術資料，Vol.42, No.11, pp.26-31, 2000.
- 2) 吉岡祐次他：手賀沼流域における地下水モデルを基礎とした分布型水循環モデルの構築，地球環境，Vol.8, No.1, pp25-36, 2003.
- 3) 斉藤泰久他：準三次元地下水浸透流解析モデルを応用した分布型水循環モデル(WCAP)の構築，土木工学会，論文集II，2006-02 NO.810, II-74, pp.1-14, 2006.

Table 1 Comparison of each analysis model.

	筑後・佐賀平野	背振山地
地形	低平地	標高差の大きい山地
地質	有明粘土層を含む沖積層、洪積層、第三紀層(岩盤)	花崗岩(強風化層、風化層、新鮮岩)
土地利用状況	多種多様。耕地利用が多い	大部分を森林が占める
解析範囲	東西60km, 南北45km	東西25km, 南北20km
解析メッシュ	データの空間単位、結果の精度を考慮した1kmメッシュ	任意の大きさのメッシュ(200m~500m, 60m~100m)
境界条件(地表面)	土地利用状況を考慮した涵養量、揚水量	過去のデータに基づく月平均涵養量
境界条件(側方境界)	分水嶺→不透水境界 海面→海面標高で定水頭 河川→河川標高で定水頭	解析範囲を拡大して設定 尾根線→不透水境界 河川→河川標高で定水頭
物性値	適用領域を区分して与える	各地層に与える
初期地下水位	不圧→地表面以下0.5mの地下水位分布を作成 被圧→実測値による地下水位	地下水位を地表面と地下水位の関係式を推測することにより算出