

氏 名	モハメドアブル ファザル Md. Abul Fazal
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	農 博 第 1038 号
学位授与の日付	平成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	農学研究科地域環境科学専攻
学位論文題目	MANAGING GROUNDWATER AQUIFERS WITH SIMULATION/OPTIMIZATION MODELS (シミュレーション/最適化モデルによる地下水帯水層の管理) (主査)
論文調査委員	教授 河地利彦 教授 青山咸康 教授 三野 徹

### 論 文 内 容 の 要 旨

バングラデシュ人民共和国では、農業用水、飲料水などの各種用水の大半は地下水に依存している。近年における人口の増大と食糧増産の要請は、地下水への依存度をますます高め、過剰揚水による地下水位の低下や汚染の問題が顕在化し、各所で深刻な事態を引き起こしている。本論文は、同国の中でも有数の農業地帯であり、大小合わせて約4000もの井戸が点在するコミラ (Comilla) 地区に焦点を当て、同地区の地下水管理の支援を主たる目的として、一般にも適用可能なかたちで、シミュレーションモデルおよび最適化モデルによる広域地下水管理の方法論について、基礎的、応用的に検討を行ったものである。

第1章は緒論であり、本研究の背景として地下水資源の重要性並びにバングラデシュ人民共和国における地下水の枯渇と汚染の問題に触れ、地下水を広域的かつ合理的に管理することの重要性を説いている。そして、本研究の目的とモデル化手法として導入する有限要素法および遺伝的アルゴリズムの概要を述べている。

第2章では、地下水の最適管理手法、汚染された帯水層の回復ならびに帯水層のパラメータ推定に関する従来の研究を総括・整理することにより、本研究の位置づけを明らかにしている。

第3章では、最適化手法である遺伝的アルゴリズムの基本的概念を紹介した上で、単純遺伝的アルゴリズムの改善法を提案している。

第4章では、主たる対象地区であるコミラ地区について、地理、気象、土地利用状況などの概要を述べ、揚水試験や地下水位観測から得られた帯水層の特性について詳述している。

第5章では、二次元定常の有限要素地下水流動モデルを用いて、コミラ地区における最干ばつ期の上部不圧帯水層の地下水位を地区全体にわたって推定し、有効揚程の面から適正な井戸形式 (浅井戸、ピット式浅井戸、深井戸) を選定する際の判断基準となる井戸配置ゾーニングマップ (Zoning map) の作成を試みている。その結果、最も経済的な井戸形式である浅井戸の設置可能な地域は、地区全体の33%程度に過ぎないことを明らかにしている。

第6章では、二次元非定常の有限要素地下水流動モデルに遺伝的アルゴリズムを組み入れる方法で、漏水性不圧帯水層の最適揚水量および最適漏水量を推定する最適化モデルを構築している。モデルでは、ポンプのもつ最大揚水能力に関する制約と浅井戸で揚水継続が可能となるような地下水位の許容下限値に関する制約を考慮している。コミラ地区への適用の結果、地区全体での最適揚水量は現在の揚水量の91%であり、地下水位の低下を防ぐには揚水量を9%程度減ずることが必要であることを明らかにしている。また、上部帯水層からの灌漑水使用量が、真に必要な要水量の約2倍にもなっていることを示し、地下水の有効利用を図る上で過剰灌漑の抑止が緊要であることを指摘している。

第7章では、タイス (Theis) 法を基礎として被圧帯水層の透水量係数および貯留係数を同定する方法として、地下水位低下量の実測値と理論値の誤差を最小化する規範の下で遺伝的アルゴリズムによって最適係数を検索する手法を考案してい

る。そして、コミラ地区の主帯水層（上部帯水層の下にある被圧帯水層）に適用して、この手法によれば、旧来の図式法よりも高精度でかつ効率的に係数の同定が可能であることを明らかにしている。

第8章では、遺伝的アルゴリズムを用いた、ヤコブ（Jacob）方程式の係数推定による井戸効率の決定法を提案し、実井戸への適用によって、この手法が図式法、連立方程式法といった旧来の方法と比べて、精度、効率面ではるかに優れたものであることを実証している。また、同じ帯水層内の同規模の井戸に対して揚水試験なしで井戸効率を推定する方法も提案している。

第9章では、二次元非定常の有限差分地下水流動モデルおよび移流・分散モデルを用いて、コミラ地区に対するシミュレーションを行い、灌漑期、非灌漑期における地下水流動と地下水汚染の可能性を検討するとともに、灌漑期における最適な地下水涵養量を推定している。

終章である第10章では、前章までに示したモデルの特性と得られた結果を要約・整理し、今後の研究課題を展望している。

### 論文審査の結果の要旨

地下水の過剰採取による地下水資源の絶対的不足やヒ素汚染問題などに直面しているバングラデシュ人民共和国では、帯水層特性的な把握とそれに基づく合理的な地下水管理、水利用管理が喫緊の課題となっている。本論文は、同国のこのような現状を視野に入れつつ、帯水層を合理的に管理するための基礎となるシミュレーションモデルや最適化モデルについていくつかの提案を行うとともに、これらを、対象としたコミラ地区に適用して、同地区における井戸の適正配置、最適揚水量、帯水層の水理特性などを明らかにしたものである。評価できる主要な点は以下のとおりである。

(1) 広域地下水流シミュレーションから得られる地下水位とポンプの有効揚程から、最も経済的な井戸形式（浅井戸、ピット式浅井戸、深井戸）を選定する方法を提案し、コミラ地区に対して、最干ばつ期における地下水位を推定して、地区内の任意点において適正な井戸形式が即座に判定できる井戸形式別ゾーニングマップを作成した。

(2) 地下水の時空間的ダイナミクスを考慮に入れて、漏水性帯水層からの最適揚水量および最適漏水量を推定するための手法として、二次元分布系非定常流モデルに遺伝的アルゴリズムを組み入れる方法を提案した。コミラ地区への適用の結果、地下水位の低下を防ぐには、地区全体として9%程度の揚水量低減が必要であることを明らかにした。

(3) 遺伝的アルゴリズムを用いて帯水層の透水量係数および貯留係数を同定する方法を提示し、旧来の図式法に比べて、高精度で効率的な方法であることを実証した。

(4) ヤコブ方程式を基礎として井戸効率を決定する際の係数推定に遺伝的アルゴリズムを適用する方法を提案し、旧来の各種方法との比較によって、その優位性を明らかにした。また、同じ帯水層内の同規模の井戸に対して揚水試験を行わずに井戸効率を推定する方法も提案した。

(5) 広域的な水理・水質シミュレーションを行うことによって、コミラ地区の地下水流動と地下水汚染の可能性を検討し、同時に非灌漑期の最適地下水涵養量を推定した。

以上のように、本論文は、地下水管理を支援するために必要な順問題および逆問題に対するモデル化手法について基礎的な検討を行うとともに、コミラ地区の帯水層管理において有用となる多くの新知見を明らかにしたものであり、水資源工学、地下水学の発展、並びに地下水管理の実際面に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成11年2月16日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。