

氏 名 (本 国 籍)	BADARIFU (中華人民共和国)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 6 3 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 2 7 年 3 月 1 3 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 3 条第 1 項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物環境科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	内蒙古達拉特旗における地下水資源の現況と予測
審 査 委 員 会	主査 岐阜大学 教 授 清 水 英 良 副査 岐阜大学 教 授 平 松 研 副査 静岡大学 教 授 土 屋 智 副査 岐阜大学 助 教 吉 山 浩 平

論 文 の 内 容 の 要 旨

本研究は、経済発展に伴い水需要が急増している中華人民共和国内蒙古自治区における地下水資源の状況を、達拉特旗（行政区）をモデルケースとして調査、検討したものであり、2001 年から 2006 年と 2013 年の現地調査結果に基づき、地下水流動解析、現況地下水量の推定、地下水量の将来予測を行うとともに、持続可能な地下水利用の方法について提言を行うものである。

学位論文は 5 つの章と付録からなり、第 1 章では序論として研究の背景、第 2 章では研究方法と対象地区の詳細、第 3 章では 2001 年から 2006 年の現地調査結果に基づく、地下水流動・地下水量推定・地下水の移動に伴う水質（電気伝導度と pH）の空間分布についての分析結果、第 4 章では 2013 年の現地調査結果を加えたデータより得られた地下水の時間変動分析結果と予測結果、第 5 章ではすべての研究のまとめと今後の研究展開について示している。

当該地域は、大きく分類すると黄河流域を含む北部平野の一部であり、半乾燥地でありながら、古くから中国の穀倉地帯として多くの食糧を供給してきた地域である。旧来、南部では主に地下水、北部の黄河氾濫原では黄河からの取水による灌漑用水が使用されてきたが、1990 年代からは農地の拡大、灌漑取水の増大、工業用水の増加などの要因で黄河の流量は減少し、断流現象すらしばしばみられるなど、黄河からの直接取水が困難となる事態が生じ、北部においても地下水への依存度が高まる様相を見せている。さらに当該地域は経済発展に伴う水需要の増加も見込まれていることに加えて、黄河流量の低下に伴い北部平野における地下水位も同時に低下しているという報告もあり、将来

の水資源不足に対する深刻さは増しているが、現地における地下水資源の統合的管理は存在せず、水資源に対する認識も低いままである。また、現時点では顕在化していない地下水資源の枯渇や水質劣化のような問題が徐々に進行していることへの懸念がある。本研究は、内蒙古自治区達拉特旗の壕慶河流域における地下水の現状を明らかにするとともに、比較的短期の地下水資源推移予測を行い、当該地域をモデルケースとする持続可能な地下水利用のための提言を行うことを目指している。

地下水流動の結果として、観測水位データ、地形情報とボーリングによる帯水層厚さ、現地土壌の物理分析結果を用いた Darcy 則を基にした線形流動解析により、不圧地下水が当該地域の降水の他に、南部のグプチ砂漠からの地下水流入と北部の黄河伏流水からの浸透水流入により供給されており、当該地域中央付近で東側へと流出していることを示している。また、当該地域の不圧地下水資源（ストック）は約 7000 万 m^3 であることについても明らかにしている。当該地区南部における一斉地下水調査では、水質に対する移流の効果が明瞭に現れており、EC および pH の変化が新たに建設された工場に起因する可能性について示唆している。

2013 年における追加調査を加えて、当該地域の不圧地下水の変動を検討した結果として、2002 年から 2006 年にかけて見られた地下水位低下が 2013 年の時点においても継続していることが確認され、2013 年には一部地域で取水が困難になる井戸が現れていることを示している。同時に、2013 年の段階で、不圧地下水量が 2002 年の 44% にまで減少していることを明らかにしている。さらに 2002 年から 2006 年までのデータを基に不圧地下水量の推移を Holts-Winter 法、さらには地下水量の季節変動成分を分離し、線形トレンドに加える方法による短期予測を行っており、現状の減少傾向が進めば 2030 年代には不圧地下水はほぼ枯渇することになることを予想している。また、Landsat 衛星画像と地理情報システムを用いた土地利用の分析結果、降水量データ、農作物ごとの水需要量、及び各種社会統計からの推察を行い、地下水の減少理由が、農業用水の影響約 2 割、降水量の減少の影響約 5 割であり、残りのかなりの部分が工業用水の影響であることを明らかにしている。

以上の結果より、当該地域における無秩序な地下水揚水は、地下水資源の枯渇、黄河河川水の低下などを引き起こす恐れがあることから、地域としての地下水管理体制を構築し、鑿井や揚水量の制限を行うことが重要であると提言している。

本論文で得られた知見は、計 2 報の基礎論文に公表されており、今後一層水資源問題が深刻になると懸念される中国内蒙古自治区あるいは黄河流域における地下水管理の政策決定に一つの指針を示しうるものとして評価できる。

審 査 結 果 の 要 旨

本論文は、経済発展に伴い水需要が急増している中華人民共和国内蒙古自治区における地下水資源の状況を、達拉特旗（行政区）をモデルケースとして調査、検討したものである。

本論文で得られた成果は、次の4点に要約される。

1. 対象地区の南部 16 点、北部 14 点に観測井を設置し、不圧地下水位を計測するとともに、地形情報とボーリングによる帯水層厚さなどの地質情報を収集した。また、現地土壌の物理分析を行い、得られた基礎データを用いて、Darcy 則に基づく線形流動解析を実施した。その結果、不圧地下水は当該地域の降水の他に、南部のグプチ砂漠からの地下水流入と北部の黄河伏流水からの浸透水流入により供給されており、当該地域中央付近で東側へと流出していることが確認された。このことは、極めて透水性の高いグプチ砂漠が降水を浸透させ、蒸発を低減させることにより地下水の主要な供給源になっていること、また、過剰な地下水揚水が、断流などの問題がしばしば生じている黄河の水量を減少させる大きな要因となっていることを示したものである。
2. 研究対象地は年間降水量が 360mm 程度なのに対して、可能蒸発量は 2,200mm となっており、乾燥指数 AI が 0.5 を下回る半乾燥地域に該当する。そのため、天水による農業は困難であり、一部に見られる黄河からの直接取水を除くと、地下水がほぼ唯一の水源となっている。地下水位や地質のデータより、研究対象地の不圧地下水包蔵量を推定したところ、ストックとして約 7000 万 m^3 の不圧地下水が存在しており、当該地域が半乾燥地域にもかかわらず、高い農業生産を維持している要因の一つが確認できた。
3. 研究対象地の不圧地下水の時間変動を検討したところ、2001 年から 2006 年にかけて見られた地下水位低下は 2013 年においても継続しており、一部地域では取水が困難になる井戸が見られるまで低下していること、また、2013 年の不圧地下水量は 2002 年の 44% にまで減少していることが明らかとなった。2001 年から 2006 年までのデータを基に不圧地下水量を Holts-Winter 法により予測し、2013 年度のデータで検証したところ、2006 年の水位低下の影響が大きく出ることにより過剰な地下水減少の予測となった。そのため、地下水量の季節変動成分を分離し、線形トレンドに加えることにより短期予測を行った結果、現状の地下水位を表現することが可能となった。今後も無秩序な揚水による、この減少傾向が進めば当該地域において 2030 年代には不圧地下水はほぼ枯渇することになることが予想される結果となった。
4. Landsat 衛星画像と GIS を用いた土地利用の分析結果、降水量データ、農作物ごとの水需要量、及び各種社会統計を用いて地域内の水収支を検討したところ、地下水の減少理由は、農業用水の影響が約 2 割、降水量の減少の影響が約 5 割であり、残りのかかなりの部分が工業用水の影響であると推定するに至った。また、当該地区南部 324 の井戸における一斉地下水調査では、水質に対する移流の効果が明瞭に現れ、新たに建設された工場を中心に特に EC の変化が確認されていることから、地下水資源に対して工場建設の影響は量的にも、質的にも小さくないものと考えられる結果となった。

以上の結果から本論文は、当該地域における無秩序な地下水揚水は、地下水資源の枯

渴，黄河河川水の低下などを引き起こす恐れがあることから，地域としての地下水管理体制を構築し，鑿井や揚水量の制限を行うことが重要であると提言している．

以上について，審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値のあるものと認めた．

基礎となる学術論文

1. 巴達日夫・天谷孝夫・平松研・大西健夫：乾燥地域における地下水依存農牧地帯の水資源状況-内蒙古達拉特旗の事例-，日本雨水資源化システム学会，19(1)，11-17 (2013)．
2. 巴達日夫・メンドバヤル・平松研・大西健夫・吉山浩平：地下水依存農牧地帯における水資源の現況と予測-内蒙古達拉特旗の事例-，日本雨水資源化システム学会，21(1)，印刷中．