

氏名(本籍)	劉 亜 平 (中 国)
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	博 甲 第 6310 号
学位授与年月日	平成 24 年 7 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	<b>Spatiotemporal Structure of the Groundwater-River Interaction at Mountain-Plain Transitional Landscapes</b> (山地-平野境界領域における地下水-河川相互作用の時空間構造)
主査	筑波大学准教授 博士(理学) 山中 勤
副査	筑波大学教授 理学博士 杉田 倫明
副査	筑波大学教授 Ph.D. 浅沼 順
副査	筑波大学教授 博士(理学) 辻村 真貴

### 論 文 の 内 容 の 要 旨

山地-平野境界領域は広域地下水流動系の涵養域に相当するという点で特に重要である。しかしながら、これらの地域では地理的・地質的条件の特異性によって地下水と河川との相互作用は複雑なものとなる。それゆえ、山地-平野境界領域における地下水-河川相互作用の普遍的特徴あるいは独自性を明らかにすることは極めて意義深いものと言える。そこで本研究では、地下水涵養・地下水流出の空間分布・時間変動を、特に河川の役割に焦点を当てながら明らかにすることを第一の目的とした。また、この目的を達成するために必要となる方法論の改善を第二の目的とした。研究対象地域として、地理・地質条件が異なる2つの地域、すなわち栃木県那須野が原地域ならびに足利地域を設定し、トレーサー手法と数値シミュレーション手法の双方を適用した。その結果は以下のように要約される。

1) 平野部帯水層への主たる涵養源は降水・河川水・田面水および山体岩盤地下水である。このうち最も量的に卓越する降水は、平野部における直接浸透だけでなく、隣接した山腹・山麓の浅い帯水層を経由した側方からの涵養といった点でも重要である。河川からの涵養は河道に近接した領域で特に重要であるが、その寄与率は河道からの距離や地理・地質条件に依存して変化する。また、低標高帯においては、河川は涵養源としてだけでなく、地下水の流出経路としても重要な機能を果たしている。このような地下水-河川相互作用の強さは季節的に変動し、湿潤期に特に活発となる。

2) 那須野が原地域においては、河川からの涵養範囲は河道に対してほぼ左右対象であり、地下水涵養に占める河川水の寄与率が50%を超える領域は上流部で河道から約2.5 km、下流部で約1.5 kmであった。蛇尾川からの地下水涵養の約80%は扇頂から扇央にかけての領域で生じており、湿潤期の涵養量は乾燥期の4倍に達したが、相対的な寄与率はほとんど変化しなかった。

3) 足利地域では、渡良瀬川が常に失水河川として機能しているが、その地下水涵養範囲は河道に対して左右非対称であった。すなわち、河川からの涵養が卓越する領域は左岸(北岸)よりも右岸(南岸)で4倍以上大きかった。また、河道に近接した領域であっても、山体岩盤地下水の涵養が顕著に生じる場所では、山地側への地下水涵養が抑制される傾向が認められた。また、地下水涵養に果たす河川の寄与率は乾燥期よ

りも湿潤期に大きかった。

以上の結果を踏まえ、地下水－河川相互作用に対する影響因子として、地形条件・位置条件・地質条件の3つが重要であると結論付けられた。特に、那須野が原地域と足利地域の比較では、地下水－河川相互作用の空間構造の差異を強く規定していたのは斜面方向と河川流下方向の一致・不一致といった広域地形条件であった。また、扇状地地形では扇頂・扇央・扇端といった位置により河川による地下水涵養範囲が変化した。さらに、断層は山体岩盤地下水の側方流入を妨げるのに対し、向斜構造はこれを促進することが示唆された。一方、地下水－河川相互作用に対する揚水活動の影響は少なくとも両地域においては皆無もしくは軽微と言える。

同位体トレーサーを組み込んだ数値シミュレーションによる、異なる地下水涵養源からの寄与率推定値は、多くの場合、トレーサーのみを用いる三成分混合解析結果と良い一致を示した。このことは、両手法の信頼性を支持するが、推定値に差がある場合は空間的代表性等の点で前者の信頼性がより高いと判断された。したがって、トレーサー手法と数値シミュレーション手法を併用するアプローチは、結果の信頼性を保証し、かつより良質な情報を得る上で有効であると結論付けられる。

### 審査の結果の要旨

透水性の高い地層が厚く堆積する山地－平野境界領域では、地下水と河川間の相互作用が顕著である。しかしながら、これまでの水資源管理では地下水資源と地表水資源を分離して取り扱うことが多く、地下水－河川相互作用の実態についてはその重要性にもかかわらず未解明な点が多く残されていた。しかも、こうした現象を解析するための方法論は発展途上にあり、汎用性の高い手法は未だ確立されていない。そこで本研究では、地下水－河川相互作用の時空間構造を詳細に明らかにすることを目的として、従来個別に用いられてきたトレーサー手法と数値シミュレーション手法を組み合わせるアプローチが提案され、地形・地質条件が異なる2つの地域に適用された。その結果、地下水－河川相互作用の空間構造や時間発展を高い分解能で明らかにすることに成功した。このことは同時に、本研究で提案された手法の普遍的有用性を示唆する。また、地下水－河川相互作用の時空間構造を規定する要因を同定し、それぞれの特徴を2つの試験地域の対比において示した点は新規性が高く、学術的に有意義である。加えて、得られた知見は地下水資源と地表水資源の統合的管理、あるいは深部帯水層開発のための広域地下水流動系・涵養機構の把握といった観点からも重要性が高い。

平成24年6月14日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。