

氏名	Liu Junping		
学位の種類	博 士 (環境学)		
学位記番号	博 甲 第 7911 号		
学位授与年月日	平成 28 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	Hydrogeochemical Characteristics and Groundwater Flow Processes in Jiaozuo Area, a Semi-arid Piedmont Plain in North Henan Plain, China (中国河南平原北部の山麓平野における水文地球化学特性と地下水流動プロセス)		
主査	筑波大学教授	博士 (理学)	辻村 真貴
副査	筑波大学教授	工学博士	宮本 邦明
副査	筑波大学教授	工学博士	福島 武彦
副査	筑波大学教授	PhD.	浅沼 順

論 文 の 要 旨

本論文は、半乾燥域に位置する中国河南平原の山麓平野を研究対象とし、山地から沖積平野に至る地下水流動系を、地下水水文学的、かつマルチ・トレーサー手法により明らかにしたものである。

水資源が恒常的に脆弱な状況にある半乾燥域において、地下水は飲用、農業用、工業用他様々な用途にきわめて重要な資源であるが、涵養域である山地から流動・流出域である沖積平野に至る地下水流動系を包括的に明らかにした研究事例は従来少ない。著者はこのような観点から、水の水素・酸素安定同位体、無機溶存成分等を用いたマルチ・トレーサー解析に加え、地下水の圧力水頭・水理水頭分布解析を併用し、山地から平野に至る地下水流動系を明らかにすることを目的として本研究を行った。

本研究において著者は、中国河南平原北部の焦作市周辺の面積約 967 km²の山地、平野域を対象地域とした。当地域は、黄河の支流である丹河 (Danhe River) および西石河 (Xishihe River) が流れ、両河川とも太行山 (Mt. Taihang) を源流としている。また、焦作市においては、近年の経済発展に伴い、深層地下水の過剰揚水により引き起こされる地下水位低下等の問題が顕在化している。著者は 2013 年 10 月 (乾期)、および 2014 年 8 月 (雨期) に現地踏査・観測、水試料収集、既存資料収集等を行い、計 114 地点において地下水、河川水、湧水等のサンプルを採取した。現地においては、各水試料について、水温、電気伝導度、水素イオン濃度 (pH)、酸化還元電位等の各パラメータを測定するとともに、地下水を採取した井戸の内、開口型のものについては、地下水位を測定した。水試料は密封し、実験室に持ち帰り各種化学分析に供した。

各水試料に関し、本学生命環境系の水循環・水環境実験室ならびに本学研究基盤総合センター分析部門において、水素 (²H)・酸素 (¹⁸O) 安定同位体比、各種無機溶存成分濃度の分析が行われた。

得られた現地観測データおよび水試料分析データをもとに、地下水における圧力水頭・水理水頭の空間分布解析、地下水、河川水、湧水における化学特性の空間分布解析、End Member Mixing Analysis (端成分混合解析) による地下水の涵養源評価解析等が行われた。

山地における地下水の無機溶存成分は硫酸およびカルシウム成分が卓越する傾向を示したのに対し、平野部におけるそれは重炭酸およびカルシウム成分が卓越し、異なる傾向を示した。水素・酸素安定同位体比は、山地地下水において高く、平野部の深層地下水（被圧地下水）において低い特徴がみられた。以上の傾向から、山地部と平野部における地下水は連続しておらず、山地と平野の境界部に存在する断層が、地下水流動において境界面の役割を果たしているものと判断された。

また著者は主要な地下水汚染成分である硝酸イオンに着目し、平野部の西側と東側における南北 2 次元断面における、地下水の硝酸イオン濃度と水理水頭空間分布を検討した。その結果、平野部上流の扇状地および下流の耕作地域における浅層地下水中に、最大 100 mg/L を超える高濃度の硝酸イオンが検出され、濃度 40 mg/L を超える地下水は最大で深度 100 m にまで及んでいることが示された。一方で、深度 150 m 程度の帯水層においては、水平方向の流動が卓越し、浅層地下水と深層地下水の混合が生じているため、深度約 100 m 以深においては、地下水の硝酸イオン濃度が急激に低下するという特徴が確認された。

水素安定同位体比を用い、平野上流部の浅層地下水および平野下流部の深層地下水を端成分とし、平野中央部の深層地下水に対する浅層地下水の寄与を評価した結果、浅層部の地下水が深層部のそれに寄与する割合は、平野上流部では最大 70% に及び、平野下流部においてはその寄与率は低下する傾向が示された。この結果は、地下水の硝酸イオン濃度における空間分布特性とも整合的であり、当該地域における地下水流動系の特徴を表すものと結論づけられた。

以上得られた結果から著者は、本研究の対象地域において、山地部と平野部の境界に位置する断層により、両地域の地下水流動は概ね遮断されていること、平野の上流部においては、不透水層が不連続な地質構造からなるため、浅層地下水が深層地下水に混入する現象が卓越すること、そのため当地域では地下水の硝酸イオンが高濃度を示す領域が比較的深層に及ぶこと、さらに平野下流部においては、浅層地下水と深層地下水との交流は活発ではないことを明らかにした。

審 査 の 要 旨

半乾燥域を対象とした地下水涵養に関する研究は、2010 年前後からとくに盛んになってきたが、研究対象地域が北米西部、地中海沿岸域、中国北部・内陸部、オーストラリア西部等に限定されており、本研究の対象地域において、地下水水文学的研究が行われた例は、国際レベルにおいてはほとんどない。

本研究により、対象地域における山地から平野に至る水文地質条件と地下水流動系との関係が、マルチ・トレーサー手法ならびに地下水水文学的手法により解明された。このような研究成果は、とくに半乾燥域においては従来多くなく、本研究の独自性として評価することができる。また、当該地域をはじめとした中国半乾燥域の農業・工業地域において顕在化している地下水位低下、地下水汚染等の環境問題に関し、科学的知見と解決への示唆を与えたという社会的観点からも、本研究は評価される。さらに本対象地域のような、山地—平野における水文地質条件は、一般性があると認められ、本研究の成果は、単に事例研究によるそれに限られるものではなく、他地域への適用性についても評価されるべきものと判断される。

平成 28 年 6 月 7 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および最終試験を行い、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（環境学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。