

氏名(本籍)	あ	べ	ゆたか	
	安	部	豊	(茨城県)
学位の種類	博士(環境学)			
学位記番号	博甲第6319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	中国黒河流域の灌漑地域における水循環機構			
主査	筑波大学教授	博士(理学)	辻村真貴	
副査	筑波大学名誉教授	理学博士	田瀬則雄	
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	

論文の内容の要旨

本論文は、半乾燥地域である中国西部、黒河流域の灌漑地域において人間活動を含めた地下水の涵養・流動プロセスおよび、河川と地下水の交流関係を解明することを目的として、無機溶存成分、酸素・水素安定同位体比、トリチウム等、マルチ・トレーサー手法等を用いたフィールド水文調査を行い、地球化学的データおよび、地下水の滞留時間データ等をもとに、地下水資源の更新性について検討を行ったものである。

黒河本流の河川水および灌漑水の水質組成は、Ca-HCO₃型であり、本流河川水の水質組成および同位体組成は、灌漑地域内を流下する間に大きく変化をしないことから、黒河本流の河川水は、灌漑地域より上流の祁連山脈の降水で大部分が形成され、灌漑地域である平地部に流下してからは、支流の流入や周辺地下水との交流は少ないことが示唆された。また、河川水の本流、支流におけるトリチウム濃度は、15～24 TUと比較的高い値を示したため、1950年以降の降水によって形成されていると判断された。

上流域の扇状地の地下水において、水質組成はCa²⁺、HCO₃⁻、SO₄²⁻が卓越し、安定同位体組成はδ¹⁸Oが-8‰前後、δDが-45‰前後と、本流河川水と類似していた。またトリチウム濃度は20 TU以上と比較的高い値を示したため、1950年代以降に涵養された比較的新しい水であると判断された。ClとδDをトレーサーとし、End Memberに黒河本流による灌漑水、祁連山北麓の支流である梨園河の河川水、ゴビ地域の地下水を選定し、対象地域の地下水に関するEnd Member Mixing Analysisを行い、各成分の地下水への寄与率を求めた結果、深度70～110 m程度の深い地下水においても、灌漑水の寄与率が80～90%と高い傾向がみられた。

中流域においては、河川水に類似した水質組成の地下水に加え、Na⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻が卓越し濃度の高い地下水が混在した。また、降水や支流河川における安定同位体比を考慮すると、祁連山北東麓から流出する支流河川が、中流域における低い安定同位体比からなる地下水の涵養源になっているものと判断された。中流域においては深度10～70 m程度の浅い地下水であっても、灌漑水の寄与が少ないものがみられた。これらの地下水は、5 TU以下の低いトリチウム濃度を示すことから、1950年代以前に涵養された比較的最長い滞留時間をもつものと判断された。

下流域における地下水は、水質組成ではNa⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻が卓越し、上流域に比べて高い濃度を示

すものが多く分布した。安定同位体比については河川水より高い傾向にあったが、トリチウム濃度は14～20 TUと本流河川水と同様に高い値を示すことから、灌漑水によって涵養され、蒸発の影響を受けていると考えられた。また、トリチウム濃度が高いことから、滞留時間は短いと推察された。全体として灌漑水の寄与が70～90%と高い地下水が多く、支流から地下水への寄与は低かった。

流域全体において、地下水の深度とトリチウム濃度・滞留時間との間には、明瞭な関係はみられなかった。一方、灌漑水の寄与率が40%以下のときにトリチウム濃度が5 TU以下と低い傾向を示し、40%以上では10 TU以上の高いトリチウム濃度を示した。すなわち、地下水の滞留時間は、単に帯水層の深さのみによって説明されるのではなく、上・中・下流域における地形や地質条件、地下水涵養・流動プロセスの違いによって、異なる傾向を示すと考えられ、それらの条件を反映した寄与率が重要な指標となることが示唆された。

灌漑活動の地下水への影響を考慮すると、灌漑地域全体、特に中・下流域の沖積平地において、本流河川水と地下水の交流が少なく、一方で灌漑水の寄与率が高いことから、人為的な灌漑活動によって供給された河川水が、地下水環境を維持する重要な役割を担っているものと考えられた。

審査の結果の要旨

近年の温暖化に伴い、降水の時空間偏在性がより一層顕著になることにより、半乾燥域における地下水の資源としての役割が益々重要になっている。しなしながら、半乾燥域を対象に、地下水の涵養起源、滞留時間、流動過程と、これら各要素に及ぼす人間活動の影響を評価した研究は、従来少なかった。本論文は、灌漑農業が盛んに行われている、中国西部黒河流域を対象に、水の無機溶存成分、水素・酸素安定同位体、トリチウム等のマルチ・トレーサー手法を適用し、地下水の涵養源、滞留時間を明らかにするとともに、とくに、灌漑水の寄与が大きな地下水ほど滞留時間が短い傾向があることを示した点が評価される。従来、当該地域を含め、半乾燥地域の地下水は、深度の深い帯水層にある地下水ほど、長い滞留時間を有するという比較的単純な記述がなされてきたが、灌漑という人間活動が、地下水の滞留時間を短くし、かつ更新性を高めていることを、実証的に示した点は、本論文の独自性として評価される。

平成24年5月23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（環境学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。