

(続紙 1)

京都大学	博士 (農学)	氏名	岩崎有美
論文題目	Assessment of groundwater environment in a paddy-dominated alluvial fan - Case study of Tedori River alluvial fan, Japan - (水田を主体とする扇状地における地下水環境評価に関する研究 －手取川扇状地を事例として－)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、水田を主体とした扇状地における地下水環境（涵養、流動、流出、貯留）の過去から将来にわたる変化に影響を与える要因を評価したものである。具体的には、石川県手取川扇状地を事例として、水文・水質観測、地下水流動解析といった複合的な手法を用いて地下水環境の季節的・経年的な変化について考究した。得られた知見を要約すると以下ようになる。</p> <p>第 1 章では、導入部分として、土地利用状況の急激な変化や気候変動による地下水環境への影響評価の重要性、水文・水質のフィールド観測による実態把握の重要性、数値解析手法を適用する際に生じる問題点を整理し、本論文の目的・構成を示した。</p> <p>第 2 章では、まず水田が有する地下水涵養機能、気候変動が及ぼす地下水環境への影響評価についての先行研究を概観した。また、地下水流動解析に関して、河川水の伏没還元現象を組み込む手法、涵養量の推定手法、汎用モデルの展開、1次元不飽和浸透流解析との連成解析の手法を整理した。</p> <p>第 3 章では、地下水位の長期観測、地下水位一斉観測、手取川における伏没還元現象を把握するための手取川同時流量観測という複数の水文観測結果から地下水環境の現況、過去から現在までの変遷を検討した。過去 16 年間に扇頂から扇央部での非灌漑期の地下水位が約 5m 低下したこと、手取川の下流域で還元、それより上流域で伏没が生じており、手取川からの伏没水が地下水流動に影響することを示した。</p> <p>第 4 章では、水田灌漑の影響を強く受ける観測井における灌漑期初期の地下水位上昇量と、観測井を中心とした円形の領域内の水田面積率との関係について GIS を用いて検討した。その結果、多くの観測井で地下水位上昇量と水田面積率には高い正の相関関係が認められ、観測井から 1km 以上離れた水田面積の変化も地下水位に影響することを示した。また、扇状地内においては、扇央部での水田面積率の経時変化が、地下水位に対してより大きな影響を与えることを明らかにした。</p> <p>第 5 章では、水文観測結果に基づいて帯水層定数、境界条件を同定し、3次元地下水流動モデルを構築した。灌漑期定常地下水流動解析により、灌漑期水収支を示すとともに、扇顶部及び手取川に近い扇央部での水田面積、揚水量の変化がその領域周辺の地下水位に大きく影響すること、これらの領域での水田面積の保全、揚水規制が効果的な地下水保全策となることを明らかにした。水田面積が減少した場合に、現況の地下水位を維持するための揚水規制を検討し、同面積率が 30% 以上減少すると揚水規制では地下水位の維持が困難であることを示した。さらに、手取川の河川水位が地下水位に与える影響を定量的に明らかにした。</p>			

第 6 章では、1 次元不飽和浸透流解析によって水稲作水田及び転作田における地下水涵養量を推定し、3 次元地下水流動解析と連成することにより、1975 年から 2009 年までの地下水位の非定常解析を実施した。その結果、本解析手法の広域水田地帯への適用可能性を示すとともに、水田面積の減少、転作率の増加、降水・降雪量の減少の影響を受けて年間涵養量が 34 年間で 6 割程度減少したこと、転作実施により年間涵養量が 0.8~1.0 倍となることを定量的に示した。

第 7 章では、気候変動による気象要素の変化が及ぼす地下水位への影響を把握するため、複数の GCM、温室効果ガス排出シナリオに基づく 38 ケースの気象ジェネレーターの日別の気象予測値を用いて、2010 年から 2090 年までを計算期間として将来予測を実施した。当地域の経年的な変化傾向としては、気温は上昇、降水量は増加、地下水位は低下傾向になるシナリオが多いことを明らかにした。最大の地下水位低下量は、1m 程度であり、地下水位変化は非灌漑期の降水量変化と比較的高い相関がみられるが、高い降水強度の降水日数変化が地下水位変化に与える影響は小さいことが明らかになった。

第 8 章では、複数の水質項目の分布特性から、地下水涵養及び流動の実態を考察した。水田を主体とする扇状地においても、蒸発の影響を受けた田面水と比べ、河川水及び降水による寄与が大きいことが示された。つまり、河川水の伏没涵養に加えて、降水及び灌漑水として取水される手取川の河川水が蒸発の影響をほとんど受けずに農地を通して浸透していることが示唆された。浅層地下水の多くの溶存イオン、微量元素、酸素・水素及びストロンチウム同位体比は、手取川の周辺で低濃度となり手取川から遠い領域では高濃度となる分布特性、あるいは手取川周辺で低濃度となり農地面積率が高い扇状地中央で高濃度となる分布特性を示し、手取川からの伏没水による希釈、農業活動による影響が示唆された。ストロンチウム同位体比から、手取川中流から伏没した水が扇状地中央へと流下する流動経路が示された。これらの水質観測結果が水文観測、数値解析結果と整合的であることを示した。

終章である第 9 章では、得られた知見を要約・整理し、地下水位維持には将来危惧される気候変動に伴う河川流量の変化、社会的要因による水田農業の変化などを踏まえて、河川流量を農地への灌漑水と流下水にどのように配分するかが鍵となることに言及した。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は 1 頁を 38 字×36 行で作成し、合わせて、3,000 字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400~1,100 words で作成し
審査結果の要旨は日本語 500~2,000 字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

社会背景変化や気候変動等により地下水環境の変化が懸念されており、持続的な地下水資源利用のためには地下水流動や水位に影響する要素の定量的評価が重要となる。本論文は、水田を主体とする扇状地における地下水環境を複数の水文観測、GIS を援用した空間解析、地下水流動解析、同位体など複数の水質トレーサーによる観測を組み合わせた複合的手法によりこれを行ったものであり、評価できる主な点は以下の通りである。

1. 多様な水文・水質観測を実施し、河川と地下水との水の交換現象と河川水の伏設水の流動経路の解明、水田からの涵養の定性的・定量的推定、井戸水位への周辺水田面積率の影響の空間的評価を行うことによって、信頼性の高い地下水涵養・流動・貯留状況を明らかにした。
2. 水文観測結果に基づいて構築した 3 次元地下水流動解析と水稲作水田・転作田の空間分布、土壌構造、灌漑排水管理等を考慮できる地下水涵養量を推定する 1 次元不飽和浸透流解析との連成モデルを構築し、本手法の広域水田地帯への適用可能性を示した。この解析手法は気候変動による影響予測も可能であり、地下水水文学にとって有用なツールの提案となっている。さらに、今後の土地利用、揚水規制のあり方や地下水保全策の検討も行っており、政策決定にも寄与できるものである。
3. 複数の GCM、温室効果ガス排出シナリオによる日別の気象予測値に基づいた非定常地下水流動解析により、2090 年までに気候変動のみの変化によって生じる地下水位変化を定量的に示した。水田地帯における気候変動による地下水影響評価の事例は少なく、貴重な事例として評価できる。

以上のように、本論文は水田地帯における地下水環境を、水文及び水質に関する観測値と数値解析を組み合わせた研究アプローチにより総合的に評価したもので、水文学、地下水流動研究ならびに地下水保全技術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 26 年 5 月 19 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。また、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から 3 ヶ月以内）