

氏名(本籍)	パンカジ クマール (インド)			
学位の種類	博士(理学)			
学位記番号	博甲第6309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	Groundwater Salinization Process in Coastal Aquifer of Saijo Plain, Ehime Prefecture, Japan (愛媛県西条平野沿岸域の帯水層における地下水の塩水化プロセス)			
主査	筑波大学教授	博士(理学)	辻村真貴	
副査	筑波大学教授	理学博士	杉田倫明	
副査	筑波大学教授	Ph.D.	浅沼順	
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	山中勤	

論文の内容の要旨

沿岸地域における地下水の塩水化問題は、気候変動に伴う海水面の上昇や、地下水の過剰揚水に関連し、解決すべき重要な水循環・水資源問題である。従来、沿岸地域地下水の塩水化についての研究事例は多いが、不圧帯水層と被圧帯水層からなる比較的複雑な水文地質構造の沿岸域において、潮位変動と地下水-塩水相互作用との関係を、地球化学的な手法により明らかにした研究事例は多くなかった。本論文は、こうした観点から、愛媛県西条平野沿岸域の不圧帯水層と被圧帯水層において、塩水化が顕著な井戸と顕著ではない井戸を対象に、潮位と地下水位の変動に伴う無機溶存成分、水素・酸素安定同位体比、ストロンチウム同位体比、微量金属成分等の化学トレーサーを用い、潮位変動に伴う地下水の塩水化プロセスを明らかにすることを目的としたものである。

沿岸域において塩素イオン濃度が比較的高い被圧帯水層の井戸(S2)と低い不圧帯水層の井戸(S1)を対象に、先行降雨条件が異なる3つの時期(湿潤期、乾燥期、中間期)において、潮位変動が比較的大きな大潮の時期を選び、2時間間隔で水試料採取、地下水位観測、電気伝導度・酸化還元電位・水温・pH等観測を約2昼夜にわたり実施した。採取した水試料については、主要無機溶存成分、微量金属成分、水素・酸素安定同位体比、ストロンチウム同位体比の測定に供した。以上により得られたデータの時間変動解析、塩基交換指数の検討、淡水-塩水混合比の検討等を行い、淡水-塩水境界領域での塩水プルームの挙動とそれが地下水の水質形成、塩水化に及ぼす影響を明らかにした。

いずれの観測時期においても潮位の日変動に伴い、地下水位、各種溶存成分、同位対比等に顕著な時間変動がみられた。とくに、不圧帯水層の井戸S1においては、被圧帯水層のそれS2に比較し、各種成分の変動が顕著であった。これら無機溶存イオンの変動は概ね、陽イオン交換反応により生じているものと判断された。

さらに、潮位が低くなるのに伴い、地下水の塩分が高くなる傾向がみられた。これは、潮位変動に伴い、不圧帯水層中の塩水プルームが内陸側に進行し、井戸のスクリーンから孔内へ進入することにより生ずるものと判断された。また、鉄成分が地下水変動とともに増加する傾向が、不圧・被圧帯水層においてみられた。

これは、地下水位の上昇に伴い、井戸スクリーン周辺も相対的に還元的条件に変化し、その結果鉄成分の変動が生ずるものと考察された。

塩水の地下水に対する混合割合を、塩素イオン濃度をトレーサーに算出した結果、不圧・被圧両方の井戸において混合率は0.02%から2.4%と低いものの、不圧井戸では潮位変動に伴い混合率が変動し、潮位の低い条件下においてわずかながら混合率が上昇する傾向がみられた。一方、被圧井戸では潮位の低い条件下で混合率が減少する傾向がみられた。このことは、被圧層である粘土層の存在が、潮位変動が塩水プルームの挙動と地下水に対する塩水の混入に影響を及ぼすことを示しているものと考察された。さらに、合計3回の観測期間中、比較的先行降雨の少なかった期間において、塩水の混合率が高い傾向が、不圧・被圧井戸においてみられた。これは、平均地下水位が低いことにより、相対的に潮位変動が塩水プルームの進行強度や塩水進入に及ぼす影響が大きくなったことによるものと判断された。

本研究対象地域において、潮位変動が地下水に及ぼす影響は、不圧帯水層で水平距離約690 m、被圧帯水層で約90 mまで達していることが示された。また、沿岸地域において概ね深度17～20 mに存在する粘土層により、これより上部の不圧帯水層において塩水-淡水の交流が顕著に生ずるという特徴を生じさせるものと考察された。

以上により、沿岸地域において被圧帯水層と不圧帯水層からなる水文地質条件下で、塩水-淡水境界における地下水の水質形成プロセスとそれに及ぼす潮位変動、塩水プルームの影響が、明らかにされた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

沿岸域の塩水-淡水境界における被圧・不圧帯水層の挙動を、各種化学トレーサーを用い、かつ高い時間分解能で解析した研究事例は、従来少なく、本論文はこうした観点から、沿岸域の塩水化研究に新たな知見を加えたものと評価される。とくに、化学トレーサーの時間変動解析および混合割合解析によって、先行降雨条件や、潮位条件により、地下水水質の形成に及ぼす陽イオン交換反応と塩水混合の役割を整理した点は、本論文の独自性として評価できる。数値モデルによる実験が、観測結果のすべてを再現し切れていないという課題は残るが、地下水流動プロセスの部分については十分説明をしているものと判断された。

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。