

武蔵野台地の浅層地下水の過去 75 年間の水質変化 Changes in shallow groundwater chemistry over the past 75 years in the Musashino Plateau, central Tokyo, Japan

安原 正也^{1*}, 稲村明彦¹, 林 武司², 鈴木 裕一³

YASUHARA, Masaya^{1*}, Akihiko Inamura¹, HAYASHI, Takeshi², SUZUKI, YUICHI³

¹ 産業技術総合研究所, ² 秋田大学, ³ 立正大学

¹ Geological Survey of Japan, AIST, ² Akita University, ³ Rissho University

杉並区善福寺に位置する杉並浄水場では、深さ 15-17m 程度の 3 本の浅井戸により水道用水として武蔵野台地の浅層地下水を揚水している。当浄水場の地下水については、1935 年から現在までの約 75 年間の長期にわたり、その詳細な水質データが東京都水道局事業年報や水質年報（いずれも東京都水道局）によって公表されている。これらのデータのうち、1935 年から 1970 年までのものについては Yamamoto and Hida (1974) によってすでに水文化学的な検討が行われている。本研究では、2010 年までのデータを加え、特に塩化物イオン濃度、硝酸態窒素および亜硝酸態窒素濃度、硫酸イオン濃度に注目し、過去 75 年間に於ける東京区部の浅層地下水の水質の特徴と経年変化、そしてその要因について予察を行う。なお、井戸の深度から考えて、同浄水場で揚水されている浅層地下水は主に武蔵野礫層中の地下水であると考えられる。

塩化物イオン濃度についてみると、1935 年の 5.3mg/L から上昇を続け、1967 年前後に 23mg/L というピークに達する。その後、約 30 年間は 21-23mg/L の値を維持するが、1994 年頃から減少を始め、現在では年平均で 15mg/L 程度にまで減少している。硝酸態窒素および亜硝酸態窒素濃度は 1947 年の 3.4mg/L から急激な上昇を続け、1970 年前後に 8mg/L を超え、さらに 1980 年前後には 10mg/L 程度の最高濃度を示した。その後は変動はあるものの濃度は徐々に低下傾向にあり、現在では 6-7mg/L 程度にまで低下している。硫酸イオン濃度は 1951 年の 2.0mg/L からほぼ一貫して上昇を続け、1999 年には 17mg/L に達し、その後は 2003 年に至るまで 15-16mg/L の値を維持している（硫酸イオン濃度の公表は 2003 年まで）。

硫酸イオン濃度の経年変化のパターンは明らかに前述の塩化物イオン、硝酸態窒素および亜硝酸態窒素濃度のそれらとは異なっていることが注目される。塩化物イオン、硝酸態窒素および亜硝酸態窒素濃度の経年変化パターンは涵養域における下水道整備の進捗状況との関係を伺うことができそうであるが、硫酸イオン濃度の変化パターンはそれでは説明が不可能である。東京区部の水道水の硫酸イオン濃度は 30mg/L を超えていることから（たとえば、2006 年度東京都水道局事業年報）、都市の地下水の起源としてその重要性がしばしば指摘される水道漏水の浅層地下水系への混入を要因の一つとして検討する必要がある。一方で、下水にも高濃度の硫酸イオンが含まれる（区部の下水では最高で 55mg/L；産総研未公表データ）ため、下水道管から漏水した下水のなんらかの寄与も考える必要がある。さらに、合成洗剤の主成分である LAS による硫酸イオン濃度上昇の可能性（対馬ほか、2008）も無視することはできない。今後、硫黄の同位体測定を行うなどして、東京区部の浅層地下水中に含まれる硫酸イオンの起源の解明を進めてゆく予定である。

キーワード: 東京区部, 都市地下水の水質, 長期変化, 塩化物イオン濃度, 硝酸イオン濃度, 硫酸イオン濃度

Keywords: Tokyo Metropolitan area, urban groundwater chemistry, long-term change, chloride concentration, nitrate concentration, sulfate concentration

武蔵野台地東部における浅層地下水中の生活排水由来汚染物質の濃度分布の偏在性 Laterality of pollutants derived from domestic waste water in shallow groundwater in the east Musashino upland

林 武司^{1*}, 安原 正也², 稲村明彦²

HAYASHI, Takeshi^{1*}, YASUHARA, Masaya², Akihiko Inamura²

¹ 秋田大学, ² 独立行政法人産業技術総合研究所

¹ Akita University, ² GSJ, AIST

筆者らは、日本の典型的な都市域の1つである東京都区部を対象として、浅層地下水の起源・涵養機構ならびに生活排水由来汚染物質の地下水へへの付加機構を明らかにすることを目的として調査を実施してきた。これまでの調査により、地表が高度に被覆されている現在においても降水が主要な涵養源の1つであることや、その一方で下水道の普及率が100%であっても浅層地下水中に生活排水が付加されていること、生活排水の漏水により地下水中にPPCPsが付加されていること、などが明らかとなっている。本発表では、局所スケール(約1.5km × 2km)における浅層地下水中の生活排水由来汚染物質の濃度分布の特徴について報告する。

本研究では、武蔵野台地東部において、台地上のなかでも微高地に位置し、地形的な涵養域が限定されている浅井戸5地点で地下水試料を採取し、主要溶存成分、酸素・水素安定同位体比ならびにPPCPsを測定した。この結果、全ての地下水からCl⁻、NO₃⁻が検出され、濃度はそれぞれ約17~47mg/L、約51~81mg/Lであった。両成分は正の相関を示した。一方、両成分は酸素・水素安定同位体比と負の相関を示した。当該地域では、水道水は荒川・利根川を原水とするため、降水よりも低い同位体比を有する。したがって本研究の結果は、Cl⁻、NO₃⁻が生活排水の漏水によって地下水中に付加されたことを示している。両成分の濃度分布については、明瞭な地域性は認められなかったが、両成分の濃度と地形上の集水域の土地被覆率が正の相関を示したことから、漏水は面的に生じていると考えられる。

一方、PPCPsに関しては、amantadine, carbamazepine, crotamiton, N,N-diethyl-m-toluamideの4物質が定量下限値以上の値を示した。各物質の検出地点数は、それぞれ4/5地点, 3/5地点, 3/5地点である。これらの物質は、抗インフルエンザ薬や抗てんかん薬、鎮痒剤、昆虫忌避剤など多様な用途に用いられるが、検出される場合には、複数の物質が検出される傾向がみられた。しかし、これらの物質の濃度とCl⁻、NO₃⁻の濃度には相関が認められず、これらの物質の分布にも明瞭な傾向はみられなかった。これらの結果から、地下水中のPPCPsは偏在性が高いことが示された。

キーワード: 都市域, 地下水汚染, 生活排水, PPCPs, 東京

Keywords: urban area, groundwater pollution, domestic wastewater, PPCPs, Tokyo Metropolis

武蔵野台地西部の湧水の水質と土地利用の変化について On the water quality of springs in the western part of Musashino upland

牧島 香織^{1*}

MAKISHIMA, Kaori^{1*}

¹ 立正大学大学院

¹ Graduate School of Rissho University

東京のような大都市とその周辺地域では、都市化や宅地化が急速に進行してきた。このことは、土地利用の変化の影響を受けやすい湧水に対して、湧出量の減少や涸渇、水質の悪化等の影響を与えてきた。本研究においては、現存している湧水の水質が、土地利用の変化をどのように受け、そして変化してきたのかを明らかにすることを目的とした。その第一段階として、20世紀後半から21世紀前半までの武蔵野台地西部の湧水の水質と土地利用の変化の関係について検討を試み、考察を行った。

調査対象地域である武蔵野台地西部は多摩川によって形成された河岸段丘からなり、立川面、青柳面、拝島面などで構成されている。その地質構造については、立川面と青柳面は礫層とローム層により形成されており、青柳面より低い拝島面は礫層により形成されている。本研究では、拝島段丘(一部青柳段丘)の「段丘崖付近の湧水」を調査対象とした。調査は、まず過去の既存資料のデータから調査地点を選定し、2011年の夏季に現地調査を行った。そして、過去の資料に記載されているデータと今回の調査で得たデータを年代順にグラフにして地点ごとにまとめた。

その結果、多くの湧水で水質の主要成分濃度は低下傾向にあり、特に Cl^- の濃度と電気伝導度は低下傾向にあることが確認された。その一つの例は昭島市の諏訪神社の湧水で、1968年の夏季には31.5mg/lであったが、2011年の夏季には5.7mg/lにまで低下していた。 Cl^- は主に家庭排水に含まれている成分であり、また、電気伝導度は水中に物質がどの程度含まれているのかを表す指標であることから、湧水の水質は改善する方向に向かっていることが明らかになった。武蔵野台地西部を含む多摩地区では、昭和50年代まで下水処理の施設がほとんどなく、地面に穴を掘り地下に直接、汚水を浸透させることが行われていた(東京都公害局、1980)が、下水の普及が進んだ現在では汚水の影響を受けることはほとんどなくなってきたものと考えられる。

この地域の土地利用の変遷は(a)畑地など農地になった時代、(b)畑地から宅地が変わった時代、(c)宅地の地下に下水管が完備された時代の三つの時代に区分することができる。今回の湧水の水質に関するデータの解析の結果から、武蔵野台地西部の段丘崖下の湧水の水質の変化は、それぞれの時代の段丘面上の土地利用の変化に対応していることが明らかになった。

キーワード: 武蔵野台地, 土地利用, 湧水, 経年変化

Keywords: musashino upland, land use, spiring water, secular change

神田川における降雨時水質環境と汚濁負荷特性 Water Quality and Pollutant Load for Flood and Non-Flood Periods in Kanda River, Tokyo

林 秀彦^{1*}, 守田 優²

HAYASHI, Hidehiko^{1*}, Masaru Morita²

¹ 清水建設(株)技術研究所, ² 芝浦工業大学

¹Institute of Tech., Shimizu Corp., ²Shibaura Institute of Technology

1. はじめに

日本の都市中小感潮河川は、多くが自然水源に乏しく他河川からの分流や下水処理場の放流水にその水源を頼っている。一方、強降雨時には合流式下水道から未処理下水が流れ込み汚濁負荷となっている。降雨時の汚濁負荷量評価は、坂井ら(2008)がL-Q式を用いた方法を報告している。一方、筆者らは、洪水相・遷移相・感潮相における各フェーズの特徴を水質項目の挙動により整理している。今回、都市中小感潮河川における降雨時の流量、汚濁負荷量に着目して、洪水相・遷移相の降雨時汚濁負荷特性評価を試みる。

2. 調査方法と調査条件

観測は、神田川河口より約4.4km地点に位置する新慶橋の川幅のほぼ中央付近にて、2010年9月8~10日に行った。計器は2軸電磁流速計、多項目水質計を使用し、深さ方向の流向流速計測と水質計測を1時間毎行った。また、表層で採水を行い、BOD, COD, SSなどの分析を行った。採水頻度は、降雨時は1時間毎、その後は3時間毎とした。神田川は、観測地点より上流の一休橋付近まで感潮域である。観測時、東京で9/8 8:00~17:00に合計102.0mm(14:00~15:00に67.0mm/h)の降雨が観測された。9/8 15:00には、降雨により約1mの水位上昇があった。

3. 調査結果

降雨に伴い底層の流速が増加し、9/8 14:00には底層の塩分がフラッシュされると同時にBOD, COD, SSが急激に増加した。その後、流速低下に伴ってBOD, COD, SSは減少した。流速がほぼ0cm/sとなる9/9 0:00頃には、SSは平常に近い値となり、CODは10mg/L程度で平常よりやや高い値、BODは10mg/L程度で平常時の2~5倍で推移した。流量Qと汚濁負荷量Lの関係をL-Q式($L=aQ^b$, a, b:係数)を用いて検討する。ここでは、過去に同地点で観測された降雨イベントのデータも用いる。流量とBOD負荷量の全データをプロットした場合、寄与率(R^2)は0.81と高いが低流量でのばらつきが目立つ。ここで、洪水相を、底層水がフラッシュされた後、流速がほぼ0cm/sまで低下するまでの期間として、この期間のみのデータをプロットした場合、 $R^2=0.95$ となり相関関係が改善される。これと同様にCOD, SS(負荷量)についても、洪水相のデータを用いるとCODで $R^2=0.96$, SSで $R^2=0.94$ となり、非常に高い相関が得られた。これは、洪水相においては全層が順流方向に流れており、上流側の負荷量のみでL-Q関係が成立し、下流側(隅田川や東京湾)の影響がないことによるものと考えられる。また、降雨の規模や下水道内の堆積物や雑排水などの負荷量が異なっても、洪水相ではL-Q式を精度良く適用できる可能性が示された。洪水相後は、洪水相と感潮相をつなぐ遷移相の期間で、BOD, CODは徐々に平常の状態へと遷移していく。ここで、神田川の特徴を検討するために、坂井ら(2008)による他の河川におけるCOD負荷量に関するL-Q式の係数a, bとの比較をする。表-3に神田川と江戸川、荒川、多摩川、中川のCOD負荷量に関する係数a, bを示す。神田川の係数aは、江戸川、多摩川などと比較して大きく、小規模の出水によっても比較的大きな負荷量となることを示している。係数bは、神田川の1.54に対して、江戸川、荒川、多摩川が1.24~1.35であり、中川は1.12と小さい。これは、神田川では出水規模が大きくなると負荷量の増分が大きくなる可能性を示している。神田川は、流域のほとんどが市街地である典型的な都市河川である。平水時流量が極めて少なく、降雨の大部分が雨水吐から河川に流れ込み高い汚濁負荷となっている。今回の検討結果は、こうした都市河川の特徴を明確に示している。

4. まとめ

都市中小感潮河川である神田川新慶橋における降雨時汚濁負荷特性の検討を行った結果、以下の知見を得た。

- 1) 洪水相(底層水のフラッシュから流速がほぼ0cm/sとなる期間)では、非常に高い相関のL-Q関係が得られた。
- 2) 得られたL-Q関係から、小規模の出水によっても高い汚濁負荷となる都市河川の特徴が明確になった。

キーワード: 神田川, 感潮河川, 降雨, BOD, COD, L-Q式

Keywords: Kanda River, tidal river, storm, BOD, COD, L-Q equation

カトマンズ盆地における都市地下水の糞便汚染の解析 Analyzing faecal contamination of urban groundwater in Kathmandu Valley, Nepal

志村 禎章^{1*}, Sadhana S.MALLA¹, Saroj CHAPAGAIN³, 坂本 明子², 中村 高志², 尾坂 兼一⁶, 原本 英司², 近藤 尚己⁴, 井上 大介⁵, 清 和成⁵, 坂本 康², 風間 ふたば², 西田 継²
SHIMURA, Sadanaaki^{1*}, Sadhana S.MALLA¹, Saroj CHAPAGAIN³, Akiko SAKAMOTO², NAKAMURA, Takashi², OSAKA, Ken'ichi⁶, Eiji HARAMOTO², Naoki KONDO⁴, Daisuke INOUE⁵, Kazunari SEI⁵, Yasusi SAKAMOTO², KAZAMA, Futaba², NISHIDA, Kei²

¹ 山梨大学大学院国際流域環境科学特別教育プログラム, ² 山梨大学国際流域環境研究センター, ³ CREEW, Nepal, ⁴ 東京大学・医学部, ⁵ 北里大学・医療衛生学部, ⁶ 滋賀県立大学

¹ ICRE program, Yamanashi university, ² ICRE, Yamanashi university, ³ CREEW, Nepal, ⁴ The university of Tokyo, ⁵ Kitasato university, ⁶ University of Shiga prefecture

Shallow groundwater is an important source of domestic water in the Kathmandu Valley. Previous studies have reported *E.coli* contamination in water samples from many public and domestic wells, in urban area of the valley. Every year, about 3000 deaths due to waterborne diseases are reported. Microbial pollution in the groundwater could probably be the reason behind the deaths. The objective of this study is to investigate faecal contamination source and its contribution in the groundwater of the Kathmandu Valley, Nepal

We collected groundwater samples from shallow tube wells and dug wells (depth: 2.8-21 m) and river water samples from main rivers in Jan.2009, Aug.2009, Aug.2009 and May.2011. Then, we measured *E.coli* concentration, water oxygen and hydrogen isotopes, nitrate nitrogen and oxygen isotopes, and other chemicals in the water samples.

Higher *E.coli* concentrations were detected in the river water and the dug well (unprotected well) samples compared to the tube well (protected well). The high *E.coli* in the river water samples reflected wastewater discharge to the river without treatment. The seasonal variation of the water oxygen isotope and chemical concentration for both the groundwater and the river water samples indicated that the interaction between river water and shallow groundwater is insignificant. Additionally, high delta 15N of nitrate in the high *E.coli* water samples indicated sewage as possible source of faecal contamination in the groundwater

キーワード: 地下水, 糞便汚染, 大腸菌, 安定同位体比, カトマンズ盆地

Keywords: Groundwater, Faecal contamination, E.coli, Stable isotopes, Kathmandu valley

カトマンズ盆地の都市地下水の水質・水文条件が硝酸イオン濃度分布に与える影響 Analysis of nitrate variation with quality and hydrological factors in urban groundwater of Kathmandu Valley, Nepal

中村 高志^{1*}, 尾坂 兼一², Chapagain K. Saroj⁴, 志村 禎章³, 西田 継¹, 坂本 康¹, 風間 ふたば¹

NAKAMURA, Takashi^{1*}, OSAKA, Ken'ichi², Saroj K. Chapagain⁴, SHIMURA, Sdadaaki³, NISHIDA, Kei¹, SAKAMOTO, Yasushi¹, KAZAMA, Futaba¹

¹ 山梨大学・国際流域環境研究センター, ² 滋賀県立大学, ³ 山梨大学・国際流域環境科学特別教育プログラム, ⁴ CREEW, Nepal

¹ ICRE, University of Yamanashi, ² University of Shiga Prefecture, ³ ICRE program, University of Yamanashi, ⁴ CREEW, Nepal

The occurrences of nitrate, nitrite and ammonium in shallow groundwater systems, with their sources and distributions mechanism were investigated in Kathmandu valley, Nepal. Thirty-five shallow groundwater samples were collected during the monsoon (August) season in 2009 and analyzed for the concentration of major dissolved ion and nitrate nitrogen and oxygen isotopes.

Nitrate isotopes approach suggests the sewer leakage act as a major source of nitrogen contamination. Relationships between dissolved oxygen and composition of nitrate and ammonium shows the leakage from sewers could be the primary ammonium source, which is then converted into nitrate with anaerobic condition. Furthermore, this liner relationship between nitrogen and oxygen isotopes in nitrate shows the active denitrification in shallow groundwater. Nitrate concentrations in the groundwater are decreased due to mixing with sewage originated nitrate and rainwater nitrate. And nitrate removal by the denitrification in shallow groundwater.

キーワード: 地下水, 窒素汚染, 下水漏洩, 硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比, カトマンズ盆地

Keywords: Groundwater, Nitrate contamination, Sewage leaking, Nitrate nitrogen and oxygen isotopes, Kathmandu Valley

関東平野北部における地下温度分布と長期変化

Distribution and decadal changes of subsurface temperature in the northern Kanto Plain

宮越 昭暢^{1*}, 林 武司²

MIYAKOSHI, Akinobu^{1*}, HAYASHI, Takeshi²

¹産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門, ²秋田大学 教育文化学部

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Faculty of Education and Human Studies, Akita University

筆者らは、関東平野における地下温度の分布構造ならびに長期的な変化について、継続して調査を行ってきた。その結果、平野の北部には地下温度が特異的に高い地域があることが明らかとなっているが（宮越他，2003等）、高温域の詳細な構造や成因については、まだ不明な点が多い。そこで、平野北部における地下温度のより詳細な分布の現状と過去からの変化の傾向を明らかにするために、群馬県および栃木県に分布する地下水位・地盤沈下観測井 66 地点を対象として、2011年に地下温度プロファイルの測定を実施した。

その結果、地下温度分布にみられる高温域と低温域の分布は、深度によって異なることが明らかとなった。地下浅部（深度 50m）では、平野内部（利根川や渡良瀬川などの河川沿いの低地）よりも（足尾山地周辺）において温度が高い。一方、深度 100m では、高温域は足尾山地南側の渡良瀬川低地から平野中央部の利根川中流低地にかけて広範囲に分布する。高温域の中心は、足利市および明和町の周辺と、渡良瀬遊水地西側の藤岡市周辺に位置する。このような高温域と低温域の分布の地域性は、地下水流動に伴う熱移流の影響を反映していると考えられ、それらの分布傾向が深度によって異なることは、人為的な影響（地下水の主要な揚水深度が地域によって異なる）の可能性や、深部ほど、より広域的な地下水流動の影響が反映されている可能性を示唆している。

また、観測井 66 地点中 21 地点について過去の測定結果（2001年に測定）と比較し、過去 10 年間の温度変化の傾向と要因を検討した。比較の結果、全ての地点で地下温度の変化が認められた。その傾向は地域や深度によって異なったが、地下温度の変化が深度 100～200 mにおいても認められたことから、本地域における地下温度構造は深部まで経年的に変化していることが明らかとなった。例えば地下浅部では、地表面温度の上昇が要因と考えられる地下温度の上昇が 19 地点で確認された。また、特定の深度で温度変化が大きい地点もみられた。このような温度変化は、地下水利用の変化に伴う帯水層中の地下水のフラックスの変化等、人為影響の変化を反映していると考えられた。温度の変化傾向が深度によって異なったことは、本地域の地下水流動の変化の傾向が、帯水層によって異なることを示している。

キーワード: 地下温度, 地下水流動, 地表面温度上昇, 地下水揚水, 都市化, 関東平野

Keywords: subsurface temperature, groundwater flow, surface warming, groundwater development, urbanization, Kanto Plain

埼玉県における地中熱利用ポテンシャル評価 Potential estimation for geothermal heat exchanger system in Saitama prefecture

濱元 栄起^{1*}, 八戸 昭一¹, 白石 英孝¹, 石山 高¹, 佐坂 公規¹

HAMAMOTO, Hideki^{1*}, HACHINOHE, Shoichi¹, SHIRAISHI, Hidetaka¹, ISHIYAMA, Takashi¹, SASAKA, Kouki¹

¹ 埼玉県環境科学国際センター研究所

¹ Research Institute, Center for Environmental Science in Saitama

地中熱利用システムは、自然エネルギーを活用した有望なエネルギーシステムとして国内でも導入が進められている。本研究は、この地中熱利用システムの普及促進を図ることを目的として埼玉県をモデルとして行っている広域的な地下熱環境調査およびこれらのデータを用いた地中熱利用システムのポテンシャルについて報告するものである。

地中熱利用システムの効率、その場の地下環境によって大きく異なるため地域的な違いが生じやすい。したがってシステムの設計には、地下環境の基礎情報(地下温度、地質、地下の水理特性など)の収集整備が必要不可欠である。このうち、埼玉県内における地質情報(地質柱状図、N値等)については筆者らが既に4000地点以上収集し整理したものをWeb上で公開しており地中熱関係をはじめとして様々な目的で活用されている(埼玉地理環境情報 Web GIS)。一方、地下温度に関する情報で、これまで一般に公開されたものは必ずしも多くはなく、今後充実していく必要がある。そこで今回埼玉県の平野部をほぼ網羅する地盤沈下監視用の観測井を活用し、深さ方向の地下温度分布を計測した(県内25地点)。測定深度は多くの地点で約200-300mであり、一般的な地中熱利用システムの熱交換井を設計するためには十分な深さ方向の情報であると考えられる。また、多くの地点で数カ月から1年間の期間をあけて再測定を行い時間的な変動についても調査した。その結果、地表付近における温度変動の影響のほか、地下水の流動に起因すると推測される温度変動が見られた地点もあった。

こうした地下温度を含め、システムの導入を検討する初期の段階においては、設置点付近におけるシステム効率を大まかにでも把握しておくことが必要不可欠である。そこで本研究では、埼玉県の地盤モデル(地質モデルと速度構造モデル:250mメッシュ)と、ドイツの地中熱利用システムの工業指針であるVDI(Verein Deutscher Ingenieure)マニュアルに基づいて典型的な地質ごとの熱交換率とを用いて埼玉県内の地中熱利用システムのポテンシャルを評価した。本研究では、地中熱ポテンシャルとして、1mあたりの採熱量を指標とし地表から25mまでの深度範囲と地表から50mまでの深度範囲の二つのパターンについて、その場所におけるポテンシャルを推定した。この結果、埼玉県東部の低地に比べて中央部の台地のほうが、地質条件から推測される地中熱ポテンシャルは高めであることがわかった。ただし、埼玉県の西部は、基盤深度が浅くボーリングの掘削深度が浅いことや、山岳地帯(秩父地域)ではデータそのものも少ないことからポテンシャル評価自体は、埼玉県東部~中部にかけての地域を対象としている。ただし埼玉県における人口分布は、東部から中部地域に集中しているため、地中熱利用の普及という観点からは、この範囲の評価においても有用であると思われる。

本研究では、数値シミュレーションを用いて、地下温度、地質、地下水流動のそれぞれのパラメータが、地中熱ポテンシャルにどれくらい寄与するのかを見積もった。この結果、実際の変動範囲考えると地下水流動による影響がもっとも大きく、地下水流動が活発な地点であれば地中熱利用システムの効率が非常に高くなることが確認された。したがって今後は、地下水特性の広域的な評価という観点からも研究を進めていきたい。さらに複数地点での熱応答試験(サーマルレスポンステスト)等の結果も組み合わせることで、地中熱利用システムのポテンシャル評価をさらに信頼性の高いものにすることができるため、複数地点でサーマルレスポンス試験も行う予定である。本研究で示した地下温度の調査・解析手法や地中熱利用システムの効率の評価手法は、他の地域・自治体にも適用できるため、一つのモデルケースとして役立つものと考えている。

キーワード: 地中熱, 地下温度, 地下水, ヒートポンプ

Keywords: geothermal heat exchanger, subsurface temperature, ground water, heat pump

河岸段丘堆積物の降雨貯留効果に関する研究 Study on the effect on rainfall storage of the river terrace sediment

遠藤 昇平^{1*}

ENDO, Shohei^{1*}

¹ 立正大学大学院 地球環境科学研究科

¹ Graduate School of Geo-environmental Science, Rissho University

河川堆積物から成る河岸段丘は主として砂礫層からなり、豪雨時には多くの降雨が浸透し、表面流出量を減少させる。浸透した水は地下をゆっくりと流れ、表面流出水とは時間差をおいて河川に流出する。これにより河川流出のピークが抑えられ、河川の氾濫が抑制される。すなわち、河岸段丘堆積物には降雨貯留の機能があり、洪水を調節する機能があると言える。本研究では、豪雨時における河岸段丘堆積物の降雨貯留量を明らかにし、洪水調節の機能を定量的に明らかにすることを目的とする。ここでは、これまで得られた結果について報告する。

調査地は、長野県安曇野市明科を南から北に流下する犀川によって形成された河岸段丘を対象にする。今回調査を行った明科の中村地区は、西側に第三紀層からなる中山山地と、東側に北に流れる犀川に挟まれており、第4(上位)、第5(下位)段丘の2つの段丘面上に形成されている。

現在までの調査では、対象地区にて地下水面図を作成し、自記水位計を第4、第5段丘上にある井戸数地点に設置、降雨による地下水位の変化を測定した。また、8月の降雨(日最高雨量23mm)と、9月の降雨(日最高雨量116mm)について、降雨前後の地下水位の差から貯留量の変化を求めた。貯留量の計算は、降雨による水位変化量と間隙率を段丘面の地表面積に乘じ求めた。間隙率は試みに20%とした。その結果、8月の降雨時の最大貯留量は $3.5 \times 10^4 \text{m}^3$ と推定された。また、9月の降雨時の最大貯留量は $6.4 \times 10^4 \text{m}^3$ と推定された。

今回の調査では水田灌漑による豊水期の地下水位の降雨に対する変動を観測することができた。その中で特に、先の8月の降雨と9月の降雨について見ていくと、いずれの降雨も降水量のピークに遅れて地下水位のピークが現れていることから、地表に降った降雨が地下に浸透し、表面流出とは「時間差」を置いて流出している事実が明らかになった。更に9月の降雨における第5段丘の地下水位のピークが、第4段丘のピーク時間と比べて遅いことから、上位面と下位面でピークのタイムラグがあることがわかった。また、9月の降雨時における貯留量の時間変化を見てみると、第4段丘より第5段丘の方が地下水貯留量の変化が大きくなっていった。

以上のことから、次のことが明らかになった。(1)降雨により二つの段丘の地下水位が上昇した。(2)降雨後、上位段丘の地下水位は一度上昇後低下するが、その時点以後も下位段丘では上位段丘の地下水の流入があるために水位の低下が上位段丘と比べ緩やかとなった。(3)豪雨時の貯留量の増加は $3.5 \sim 6.4 \times 10^4 \text{m}^3$ 、すなわち102.9~188.2mmの降水の流出を遅らせる効果があることが確認された。

キーワード: 河岸段丘, 降雨貯留量, 河川堆積物, 豪雨, 洪水

Keywords: river terrace, rainfall storage, river deposit, storm, flood