

関東平野の自然地層中に含まれる重金属類とその特徴について Characteristics of heavy metals and metalloids included in natural sediments in the Kanto Plain, Japan

八戸 昭一^{1*}, 石山 高¹, 濱元 栄起¹, 北口 竜太², 小口 千明², Kumari K.G.I.D.³

HACHINOHE, Shoichi^{1*}, ISHIYAMA, Takashi¹, HAMAMOTO, Hideki¹, KITAGUCHI, Ryuta², OGUCHI, Chiaki T.², KUMARI, K.G.I.D.³

¹ 埼玉県環境科学国際センター研究所, ² 埼玉大学地圏環境研究センター, ³ デンマーク オーフス大学

¹Research Institute, Center for Environmental Science in Saitama, ²Geosphere Research Institute, Saitama University, ³Aarhus University, Denmark

近年、自然地層に含まれている重金属類に関する環境問題が顕在化してきているが、我が国ではカドミウム・鉛・ヒ素・セレン・銅そして亜鉛などの有害重金属類を対象として人の健康保護や生活環境の保全、さらには水生生物保全の観点から、維持することが望ましい基準として環境基準が設定されている。特に、平成15年に施行された土壤汚染対策法では汚染土自体の直接摂取によるリスクとして土壤含有量基準、そして地下水や河川水等を経由した間接摂取によるリスクとして土壤溶出量基準の二種類の環境基準を設定している。このうち自然地層に含まれる重金属類が土壤含有量基準を超える例は鉱床地域や重金属類を多量に含有する温泉を湧出する地域など一部の特殊な例を除きほとんどないが、土壤溶出量基準を超える例は頻繁に見受けられる。筆者らは我が国において最も人口が集中する地域の一つである関東平野の中・下流域を調査地域とし、人為的に汚染されていない自然地層を対象として、重金属類の賦存状態や溶出特性などの基本的な性質について考察したのでここで報告する。

本研究では調査地域内の25地点(約200試料)で採取された堆積物試料について、前述の有害重金属類の他に環境基準項目に含まれていない鉄・アルミニウム・マンガン・ニッケルそしてチタンなども含めた各種重金属類の全含有量値及び溶出量値を求めた。全含有量値の測定には波長分散型蛍光X線分析を採用し、溶出量値の測定には環境庁告示第46号の土壤溶出試験に準じた方法を採用した。調査地域とした関東平野では他の臨海低地と同様に汎世界的な海水準変動の影響により温暖期(縄文海進最盛期(MIS1))や最終間氷期最盛期(MIS5e)などには内陸の奥深くにまで海域が侵入したことから、平野の地下を掘削したボーリングコアからは陸成層と海成層が交互に出現する。そこで、本研究では硫黄の全量値や溶出液の電気伝導度などを参考として陸成層と海成層を判別した。

溶出試験の結果、重金属類が溶出量値を著しく増加させるのは溶出液のpHに着目した場合に基本的に以下に示す幾つかのパターンに分類することができた。まず、溶出液のpHが6.5~7程度の中性を示し、濁度が50NTUを上回る場合に溶出量値を著しく増加させる例が陸成層に数多く確認された。このような例では限外濾過膜(分子量分画10000)を通すことによりほとんど検出されなくなることから、検出された重金属類は溶出試験を実施する際に生成された土壤コロイドに吸着したもの(0.45µmのメンブレンフィルターを通過)と推定された。次に、チタンを除くほとんどの重金属類が溶出液のpHが4~5を下回るとその溶出量を著しく増加させた。このように溶出液が酸性を示す堆積物は硫黄の全量値が大きく(0.3wt%以上)、電気伝導度が高い(40mS/m以上)ことから、その多くが海成層と判別された。このように溶出液が酸性を示す試料は採取後比較的時間が経過したものに多く見られたことから、酸性化の原因は海成層中に含まれるフランボイダルパイライトの酸化によるものと推測された。一方、ヒ素についてのみ溶出量値を増加させる三つ目のパターンが確認された。これは、溶出液のpHが8を越える弱アルカリを示し、比較的採取後時間が経過していない海成層であった。なお、このような地層は関東平野中央部に位置する中川低地下流域の海成層(地表より概ね5~40mの深度に分布するDelta systemやEstuary systemなど)で多く確認された。

キーワード: 重金属, ヒ素, 鉛, 水 - 岩石相互作用, 溶出, 堆積物

Keywords: Heavy metal, Arsenic, Lead, Water-rock interaction, leaching, sediments

雨天時排水由来のフッ素系界面活性剤およびその前駆物質による都市水環境汚染 Urban water pollution by perfluorinated surfactants and their precursors derived from surface runoff

村上 道夫^{1*}, 錦織浩志², 小熊久美子², 酒井宏治², 高田秀重³, 滝沢智²

MURAKAMI, Michio^{1*}, NISHIKOORI Hiroshi², OGUMA Kumiko², SAKAI Hiroshi², TAKADA Hideshige³, TAKIZAWA Satoshi²

¹ 東大・水の知 (サントリー), ² 東大・工・都市工学, ³ 東京農工大院・共生科学技術研究院

¹Wisdom of Water (Suntory), Univ. Tokyo, ²Dept. of Urban Eng., Univ. Tokyo, ³Institute of Symbiotic Science and Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology

ペルフルオロオクタンスルホン酸 (perfluorooctane sulfonate: PFOS)、ペルフルオロオクタノ酸 (perfluorooctanoate: PFOA) などで知られるフッ素系界面活性剤 (perfluorinated surfactants: PFSs) が湖沼、河川、地下水、海水、水道水、水生生物などから広く検出されることが国内外で多数報告され、ストックホルム条約の対象物質や水道水質基準の要検討項目へ追加されるなど、PFSs による水環境汚染問題への関心は急速に高まっている。PFSs の起源として、汚水のようなポイントソースの他に、雨天時排水のようなノンポイントソースが挙げられる。また、水環境中の PFSs の間接起源として、前駆物質の微生物分解の伴う生成も挙げられるが、その実態には不明な点が多い。そこで、本講演では、雨天時排水由来の PFSs およびその前駆物質による都市水環境汚染の実態調査例を紹介する。

まず、雨天時道路排水中の PFSs 濃度を流入下水および二次処理水中の PFSs 濃度と比較することで、その汚染レベルを評価した。雨天時道路排水中の PFOS 濃度は流入下水および二次処理水中の濃度よりも低濃度だが、PFOA などのペルフルオロカルボン酸類 (perfluorinated carboxylates: PFCAs) の濃度は同程度かそれ以上であることを明らかにした。

次に、晴天時と雨天時において、入間川の PFSs を調査した。晴天時よりも雨天時中の PFOA、ペルフルオロノナン酸 (perfluorononanoate: PFNA) の濃度や負荷量は有意に高い一方で、PFOS については有意な差が見られなかった。このことは、雨天時道路排水中で PFCAs の濃度が高いことと調和的な結果であり、都市水環境中の PFCAs の起源として、雨天時道路排水などのノンポイントソースが無視できないことを示唆していた。

さらに、東京湾において、晴天時と合流式下水道越流 (Combined sewer overflow: CSO) が発生した雨天時に、ノンポイント由来の PFSs の負荷を調査した。未処理下水と下水処理水のマーカー物質である医薬品類を用いることで、調査した雨天時において、CSO 由来の東京湾への PFCAs の負荷は 41% であり、その半分以上がノンポイント由来と推定された。

最後に、地下水中の微生物を用いることで、雨天時道路排水、雨水、下水二次処理水中の前駆物質からの PFSs の生成量を評価した。雨水や下水処理水からは有意な PFSs の生成が見られなかった一方で、雨天時道路排水からは顕著な PFSs の生成が見られた。このことは、地下水環境中で雨天時道路排水由来の前駆物質からの PFSs の生成が汚染経路の一つとなりうることを示唆していた。

キーワード: 道路排水, ノンポイント汚染, フッ素系界面活性剤, PFOS, 前駆物質, 新規汚染物質

Keywords: Road runoff, Nonpoint pollution, Perfluorinated surfactants, PFOS, Precursors, Emerging contaminants

ネパールカトマンズ盆地における地下水中の微生物群集解析 Analysis of microbial communities in groundwater of the Kathmandu Valley, Nepal

松澤 宏朗^{1*}, 田中 靖浩², 中村 高志¹, 尾坂 兼一³, 遠山 忠², 高瀬 晶弘², Chapagain Saroj Kumar⁴, 井上 大介⁵, 清 和成⁵, 森 一博², 坂本 康¹, 風間 ふたば¹, 西田 継¹
MATSUZAWA, Hiroaki^{1*}, Yasuhiro Tanaka², Takashi Nakamura¹, OSAKA, Ken'ichi³, Tadashi Toyama², Akihiro Takase², Saroj Kumar Chapagain⁴, Daisuke Inoue⁵, Kazunari Sei⁵, Kazuhiro Mori², Yasushi Sakamoto¹, Futaba Kazama¹, Kei Nishida¹

¹ 山梨大院・国際流域環境研究センター, ² 山梨大院・医工総合, ³ 滋賀県立大学, ⁴ CREEW, Nepal, ⁵ 北里大・医療衛生
¹ ICRE, University of Yamanashi, ² University of Yamanashi, ³ University of Shiga prefecture, ⁴ CREEW, Nepal, ⁵ Kitasato University

In the Kathmandu Valley of Nepal, groundwater is an important water resource for drinking and other domestic uses. Approximately 50% of water supply is derived from the groundwater. However, microbial contamination exceeding the standard for drinking water set by the WHO has been reported. Conventional microbial surveys have mainly focused on *Escherichia coli* and coliform bacteria. There is concern about possibility of underestimating the contamination of disease-causing bacteria except *E. coli* and coliform bacteria. Therefore, we analyzed the microbial communities in the groundwater to detect the other pathogens.

Six water samples were collected from shallow wells and river (five samples for shallow wells and one sample for river). The samples were filtrated with Durapore membranes and DNA extraction was performed from the filters. PCR amplification of the 16S rRNA genes from each DNA sample was carried out with the primer set, EUB8F and EUB907R. The 16S rRNA gene clone library was established and the clonal DNA was sequenced by the dideoxy chain-termination method. The sequence data were compared to those in the GenBank database by using BLAST search program. Moreover, the presence of pathogenic bacteria was detected by nested PCR assay.

Results of phylogenetic analysis of 16S rRNA gene sequences showed that some clones were similar to *Lactobacillus* and *Staphylococcus* that associated with human life. In addition, a total of 57 clones were closely related to nine kinds of pathogenic bacteria such as *Acinetobacter* and *Legionella*. Furthermore, results of nested PCR assay revealed that multidrug-resistant *Acinetobacter* were presented in the shallow well groundwater.

キーワード: カトマンズ盆地, 地下水, 微生物解析, 病原性微生物, 多剤耐性アシネトバクター

Keywords: Kathmandu Valley, groundwater, microbial analysis, pathogenic microbes, multidrug-resistant *Acinetobacter*

地下水利用型地中熱ヒートポンプシステムの開発 Development of geo-thermal heat pump systems using groundwater

米山 一幸^{1*}, 森野仁夫¹, 鈴木道哉¹, 岡村和夫¹, 浅田素之¹
YONEYAMA, Kazuyuki^{1*}, MORINO Kimio¹, SUZUKI Michiya¹, OKAMURA Kazuo¹, ASADA Motoyuki¹

¹ 清水建設

¹SHIMIZU Corporation

1. はじめに

地中熱を利用したヒートポンプシステムは、高効率で環境負荷の少ない空調システムとして、普及に向けた取り組みが進められている。地中熱の利用方法には、地中に設置した熱交換器を介して地盤から間接的に採熱する密閉型と、地下水を揚水してヒートポンプの熱源に直接利用する開放型があり、現在では立地上の制約が少ない密閉型が主流となっている。一方、地下水が豊富で十分な揚水量が確保できる地域では、井戸設備等を簡素化できる開放型がコスト面で有利と考えられており、経済的なシステムとして今後の普及が期待される。筆者らは、地下水を循環利用してヒートポンプ・2次側空調システムと有機的に結合した開放型ヒートポンプ空調システム(図-1)の開発を進めており、本報告では同システムの成立性について検討を行った結果を報告する。

2. ヒートポンプおよび2次側空調システム

2次側空調システムには潜熱・顕熱分離型方式を採用した。同方式では、顕熱処理に比較的温度の高い冷水を利用することにより、熱源機の成績係数(COP)が向上し省エネ効果が期待できる。さらに地下水を利用する場合、夏期の取水温度によっては熱源機を用いずに地下水を直接空調に利用するフリークーリングも可能となり、潜熱・顕熱分離型方式は地下水利用に特に適合した空調システムといえる。検討においては、ヒートポンプとフリークーリングのハイブリッド運転が可能な水冷式ヒートポンプを新たに提案して概念設計を行い、地下水を利用することにより効率の良い運転が可能となることを示した。

3. 地下水水質制御システム

地下水の循環利用に際しては、直接通水に対するヒートポンプへの悪影響を防止すると共に、注水時の目詰まり発生による水圧低下や地盤沈下を防止するための水質制御技術の検討が必要となる。従来対策としては、日光・空気との遮断や目詰まり発生後の逆流洗浄などが行われているが、システムの長期の連続運転を保証する上では十分でないと考えられる。地下水中に存在する物質の中で、目詰まりに関与するのは、シルトや砂などの他に、鉄やマンガンなどが考えられる。特に、二価鉄は地下に存在する時は地下水に溶解しており、空気に触れると酸化して析出し濁質になることが知られている。また、水中のカルシウム分は熱交換器などのスケールの発生要因となる。本検討ではこれらの成分の除去方法として、Na型イオン交換樹脂を用いた軟水機による地下水質処理装置を採用した。室内実験により除去性能を測定した結果、原水の鉄分濃度が比較的低い場合(二価鉄濃度 1.0mg/L、Ca濃度 20mg/L)は、1Lのイオン交換樹脂で約 1m³の水処理が可能であり、一般的な凝集ろ過に比べて装置を大幅にコンパクト化できることが示された。

4. 取水井/注水井配置計画に関する解析検討

検討システムでは注水/取水用の井戸を複数配置し、取水井から揚水した地下水を熱源として利用した後、注水井から地盤に戻す。井戸の配置計画では、注水井から地中に還元された水が取水井から再度取水される「ショートサーキット」を防止するため、注水井と取水井の間に十分な離間距離を確保する必要がある。また、夏期の冷房運転と冬期の暖房運転で注水井と取水井を入れ替えることにより、地下の保温性による季節蓄熱効果が期待できる。これらの点を考慮した効果的な井戸配置の検討を、熱-地下水連成解析(TOUGH2)によるシミュレーションを行った。解析結果より、想定した地質条件のもとでは、注水井と取水井の間に最低 30m以上の距離を確保すればショートサーキットは生じないことが示された。また、地盤の蓄熱効果により、自然状態の地下水温度より 2~4 程度有利な条件での取水が可能となり、より効率的な運転が可能となることが明らかとなった。

5. システム性能の総合評価

開発システムの性能を従来技術と比較・検討するため、国内3都市(札幌、長野、福岡)を対象にシミュレーションモデルによる総合性能評価を行った。対象建物として空調面積 1,000m²の事務所ビルを想定し、各地域の気候特性を考慮した上で年間熱負荷を計算し、さらに、空調システムシミュレーションにより年間の電力使用量を試算して、従来型空調との比較を行った。計算の結果、開発システムの年間電力使用量は各地域とも従来型の 55~60%となり、1.7~1.8倍程度の省エネ効果が見込めることが示された。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



AHW27-04

会場:202

時間:5月24日 16:23-16:38

本成果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の平成22年度委託業務「次世代型ヒートポンプシステム研究開発／地下水制御型高効率ヒートポンプシステムの研究開発」として実施したものです。

キーワード: 地下水, ヒートポンプ, 地中熱, 水質制御, 浸透解析

Keywords: groundwater, heat pump, geo-thermal, water quality control, flow analysis

東日本大震災における水道施設の被害について -茨城県の事例- Damage of the water treatment facilities from 3.11 earthquake: Case study in Ibaraki Prefecture, Japan

田林 雄^{1*}, 安原一哉¹, 田村誠¹

TABAYASHI, Yu^{1*}, YASUHARA Kazuya¹, TAMURA Makoto¹

¹ 茨城大学地球変動適応科学研究機関

¹Ibaraki university, ICAS

茨城県は自然災害の少ない県と考えられてきたが、2011年3月11日の地震と津波で大きな被害を受けた。県内住宅の約14%が被害を受け、津波被害は県北部の沿岸域で特に大きく、液状化は鹿行地域をはじめ各地の住居地域や鹿島港、日立港等の港湾、市街地、農地、河川堤防等に著しい被害をもたらした。水道水の断水は県南と県西の一部の地域を除いて県内全域で生じた。特に、県北の北茨城市や鹿行地域、一部の県南地域等では復旧が同年の4月以降になり、水処理施設における地震の揺れや液状化による被害が顕著にみられた。

キーワード: 東日本大震災, 水道施設の被害, 液状化, 茨城県

Keywords: 3.11 earthquake, damage of the water treatment facilities, liquefaction, Ibaraki Prefecture

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は、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つの段丘面の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