

## ネパール・カトマンズ盆地の地下水における健康関連微生物の汚染実態 Occurrence of health-related water microorganisms in groundwater of the Kathmandu Valley, Nepal

原本 英司<sup>1\*</sup>  
HARAMOTO, Eiji<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 山梨大学大学院総合研究部  
<sup>1</sup> University of Yamanashi

ネパールのカトマンズ盆地では、急速な人口増加に伴って衛生状態が悪化し、病原微生物（ウイルス、原虫および病原細菌）による水系感染症の発生が深刻な問題となっている。しかしながら、現地住民の主要な飲料水源である地下水における病原微生物の汚染実態はほとんど明らかにはされておらず、水系感染リスクの定量的な評価やリスク制御手法の構築を困難としている。

講演者は、文部科学省グローバルCOEプログラム「アジア域での流域総合水管理研究教育の展開」や地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）「微生物学と水文水質学を融合させたネパールカトマンズの水安全性を確保する技術の開発」を通じ、地下水を中心としたカトマンズ盆地の水環境における健康関連微生物（病原微生物およびその指標微生物の総称）の汚染実態の解明に取り組んできている。これまでに得られた主な知見としては、(1) 地下水中の健康関連微生物の汚染レベルは井戸の構造によって大きく異なること、(2) ヒト以外の複数種の動物による地下水中の糞便汚染が生じていること、(3) 現行の糞便汚染指標微生物である大腸菌や大腸菌群が検出されない地下水からも病原微生物が検出され、指標微生物の有効性に限界があること、などが挙げられる。

本講演では、これまでの研究成果の概要を紹介する予定である。

キーワード: 健康関連微生物, 微生物指標, 微生物起源解析

Keywords: Health-related water microorganism, Microbial water quality indicator, Microbial source tracking

## ネパール・カトマンズ盆地の地下水中のアンモニアの起源推定 Ammonium sources of groundwater in Kathmandu Valley, Nepal

中村 高志<sup>1\*</sup>; 西田 継<sup>1</sup>; 山本 勇生<sup>2</sup>; 平賀 皓大<sup>2</sup>; Khanal Anoj<sup>3</sup>; Shrestha Suresh Das<sup>3</sup>;  
風間 ふたば<sup>1</sup>

NAKAMURA, Takashi<sup>1\*</sup>; NISHIDA, Kei<sup>1</sup>; YAMAMOTO, Yuki<sup>2</sup>; HIRAGA, Kodai<sup>2</sup>; KHANAL, Anoj<sup>3</sup>;  
SHRESTHA, Suresh das<sup>3</sup>; KAZAMA, Futaba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 山梨大学・国際流域環境研究センター, <sup>2</sup> 山梨大学・工学部, <sup>3</sup> CDG, Tribhuvan University

<sup>1</sup> ICRE, University of Yamanashi, <sup>2</sup> faculty of eng., University of Yamanashi, <sup>3</sup> CDG, Tribhuvan University

Groundwater quality is a critical problem in the Kathmandu Valley, Nepal. The population of the city increased by 6 times in the last six decades and more than half of water demand depends on groundwater source. Microbial and nitrogen contamination causes loss of water resources, nevertheless, understanding of nitrogen source and dynamics in groundwater system still remains insufficient in the central area of the valley. Objective of this study is to identify source of ammonium contamination on shallow and deep groundwater.

Groundwater samples were collected from 34 shallow wells and 5 deep tube wells in September 2014. Ammonium ion were detected from 12 shallow wells and 2 deep wells. Those ammonium concentrations ranged from 1.3 to 103 ppm. Nitrogen isotope values in ammonium ranged from -0.3 to 9.3 permil; this wide range of the nitrogen isotope values suggested possibility of ammonium contamination from natural and anthropogenic sources.

### Acknowledgement

This study are supported by the Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development Program (SATREPS, Project Manager: Prof. Narendra Man Shakya and Prof. Futaba Kazama) of Japan Cooperation Agency (JICA)/Japan Science and Technology Agency (JST).

キーワード: カトマンズ, 都市, 地下水, アンモニア性窒素同位体, 硝酸性窒素・酸素同位体

Keywords: Kathmandu, Urban, Groundwater, Nitrogen isotope in ammonium, Nitrogen and oxygen isotope in nitrate

## 水道漏水の減少が新宿区おとめ山公園湧水に与える影響 Effects of reduced leakage from the water main on the spring at Otomeyama Park in Shinjuku ward

高野 雄紀<sup>1\*</sup>; 芳村 圭<sup>2</sup>; 村上 道夫<sup>3</sup>; 上村 剛史<sup>4</sup>

TAKANO, Yuki<sup>1\*</sup>; YOSHIMURA, Kei<sup>2</sup>; MURAKAMI, Michio<sup>3</sup>; UEMURA, Takeshi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学理学部地球惑星物理学科, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>3</sup> 東京大学生産技術研究所 (現所属: 福島県立医科大学医学部), <sup>4</sup> 海城中学高等学校

<sup>1</sup>Dept. of Earth and Planetary Phys., Univ. Tokyo, <sup>2</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. Tokyo, <sup>3</sup>IIS, Univ. Tokyo (Present address: School of Medicine, Fukushima Med. Univ.), <sup>4</sup>Kaijo Junior and Senior High School

東京の湧水の量の減少は、人々の憩いの場が失われるとして問題となっている。これまで湧水量の減少要因は、不透水性面積率の増加に伴う降水浸透阻害であると考えられてきた。長期的な湧水量の減少についてはいくつか報告されてきたが、この原因に関して水収支に基づく定量的な議論は行われていない。そこで本研究では2009年から2013年までおとめ山公園にて湧水量調査を行い、タンクモデルを用いた水収支の解析を行った。湧水量の減少の原因として不透水性面積率の増加だけでなく水道漏水による涵養量の減少も検討した。

水の安定同位体比の測定から、水道漏水が湧水の涵養源となっていることが示唆された。細密数値情報(10 m メッシュ土地利用)を用いた推定から、対象地域の不透水性面積率は1980年代以降ほとんど変化せず湧水量の変化に影響していないことが分かった。2012~2013年のデータから同定されたモデルは2009~2012年の観測値をよく再現した。モデルを用いて1998年から湧水量を計算することで、1998年以降水道漏水によって湧水量が経年的に減少していることを明らかにした。

キーワード: 湧水, 東京都区部, 不透水性面積率, 水道漏水, タンクモデル

Keywords: spring, Tokyo wards area, impervious land cover fraction, water main leakage, tank model

## 水質データベースを用いた大阪府地下水流動系の3次元マッピング Three-dimensional mapping of groundwater flow system in Osaka Basin based on the database of water chemistry

新谷 毅<sup>1\*</sup>; 益田 晴恵<sup>1</sup>; 根本 達也<sup>1</sup>; 升本 真二<sup>1</sup>; 三田村 宗樹<sup>1</sup>; 森川 徳敏<sup>2</sup>; 安原 正也<sup>2</sup>;  
丸井 敦尚<sup>2</sup>

SHINTANI, Tsuyoshi<sup>1\*</sup>; MASUDA, Harue<sup>1</sup>; NEMOTO, Tatsuya<sup>1</sup>; MASUMOTO, Shinji<sup>1</sup>; MITAMURA, Muneki<sup>1</sup>;  
MORIKAWA, Noritoshi<sup>2</sup>; YASUHARA, Masaya<sup>2</sup>; MARUI, Atsunao<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 大阪市立大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup>Graduate school of science osaka city university, <sup>2</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Osaka Basin is a large reservoir of groundwater resources, which can be used for various applications as industrial and domestic water resources. However, the uptake of groundwater has been strictly regulated in the center of Osaka Basin since 1960s to avoid geogenic disasters such as land subsidence, which actively occurred in the period of rapid economic growth. The land subsidence has stopped since 1970s because of the regulation, and groundwater has not been extensively used for more than three decades. However, the uptake of groundwater has been a threat again due to increasing consumption of groundwater for private water supplies since 2000s. Depths of private wells for industries, hospitals, etc., are mostly from 100 to 300m from the ground surface, where the shrinking clay layers severely occurred. Because those groundwaters have not been used for long time, present water chemistry is not well documented.

In this study, groundwaters mainly sampled from the wells between 100 and 300m depths were studied for the stable hydrogen and oxygen isotope ratios and major chemical components to estimate the origins of groundwaters. Combining the results of this study and previous studies, three-dimensional mapping of groundwater geochemistry was drawn to discuss the groundwater flow system of the basin and the effect of the land subsidence to the present groundwater geochemistry. Aquifers of groundwater were classified by geological information including marine clay layers. This study was successful to visualize the groundwater chemistry as three-dimensional maps, which clearly show the following features of groundwater chemistry.

Hydrogen and oxygen isotope ratios of the groundwater  $\leq 100$ m depths increased from mountainous areas to the center of plain, and the origin of these groundwaters were local meteoric water. In the western plain of Uemachi plateau, of which altitude is below sea level, the stable isotope ratios of groundwaters ( $\delta^2\text{H}$ :  $-40\text{‰}$  ~,  $\delta^{18}\text{O}$ :  $-5\text{‰}$  ~) are larger than those of local meteoric water ( $\delta^2\text{H}$ :  $-45\text{‰}$  ~  $-40\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ :  $-7\text{‰}$  ~  $-6\text{‰}$ ), due to mixing with seawater. Thus, the seawater invaded into the aquifers of these areas, especially those between marine clay layers Ma12 and Ma9.

The stable isotope ratios of the groundwater were low ( $\delta^2\text{H}$ :  $\sim -55\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ :  $\sim -8\text{‰}$ ) in the deeper aquifers than the Ma9. Slightly lower isotope ratios of the groundwaters than those of local meteoric water with diluted Na-HCO<sub>3</sub> type chemistry suggested that the groundwater contained squeezed pore water from the overlying clay layers. It would be the evidence of excessive wage of groundwater when the land subsidence actively occurred.

キーワード: 地下水, 同位体

Keywords: groundwater, isotope

## マイクロバブルによる凝集浮上処理を用いた石油随伴水からの微細油分粒子の除去 Removal of very fine oil particles from produced water by microbubble flotation in conjunction with coagulation technic

小島 啓輔<sup>1\*</sup>; 田崎 雅晴<sup>1</sup>; 岡村 和夫<sup>2</sup>; Mark N. SUEYOSHI<sup>1</sup>; Rashid S. AL-MAAMARI<sup>3</sup>  
KOJIMA, Keisuke<sup>1\*</sup>; TASAKI, Masaharu<sup>1</sup>; OKAMURA, Kazuo<sup>2</sup>; MARK N., Sueyoshi<sup>1</sup>;  
RASHID S., Al-maamari<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 清水建設株式会社, <sup>2</sup> 株式会社テクネット, <sup>3</sup> スルタンカブース大学  
<sup>1</sup>SHIMIZU CORPORATION, <sup>2</sup>TECNET Co. Ltd, <sup>3</sup>Sultan Qaboos University

During the oil production process, oily waste water is coproduced at a rate several times that of oil. This water is known as produced water. Most produced water requires treatment to prevent groundwater contamination because it contains very fine oil particles as dispersed and dissolved oil, which are very difficult to separate by gravity separation. It also contains heavy metals, boron, corrosive fluids such as H<sub>2</sub>S, and other chemicals. The treatment and disposal of produced water is a significant operating expense for oil and gas companies. Therefore, treatment levels and technologies are selected based on disposal method or reutilization objectives, environmental impacts, economics, and other such factors.

A 50 m<sup>3</sup>/day capacity pilot plant was designed, fabricated, and utilized to conduct produced water treatment trials in Oman. Pilot treatment trials of produced water from three different oilfields in Oman were carried out by nitrogen microbubble flotation in conjunction with coagulation/flocculation. Filtration and adsorption treatment processes were tested as advanced process for reutilization objectives.

Oil concentration in one of the produced waters was reduced to below the Omani standard for re-use, through microbubble flotation combined with coagulation/flocculation treatment. Oil concentrations in the other two produced waters, which had higher-initial concentrations, were reduced to below the Omani standard for marine discharge. With additional adsorption treatment, these concentrations were further reduced of the level of the re-use standard as well.

Additionally, aeration treatment was effective for removal of sulfur compounds such as sulfide from produced water.

キーワード: 石油随伴水, マイクロバブル, 凝集浮上処理, 油分除去

Keywords: produced water, microbubble flotation, coagulation/flocculation, oil removal



## 発生土や分別土の利用と地盤環境への影響 Utilization and environmental suitability of excavated and recovered soils

勝見 武<sup>1\*</sup>  
KATSUMI, Takeshi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院地球環境学堂

<sup>1</sup> Graduate School of Global Environmental Studies

土木工事では従来より「切り盛りをバランスさせる」などと称して、切土やトンネル掘削などの発生土を盛土や土地造成などに効果的に活用してきた。土という資源を有効に活用しつつ、地震や洪水など災害多発で、かつ平野部の少ない国土の整備が営まれてきたのである。一方、掘削土砂に自然的原因で重金属等が含まれたり酸性水を発生しうるリスクが近年クローズアップされるようになってきている。特に、2003年に施行され、2010年に比較的大きく改正された土壤汚染対策法により、掘削土中に自然的原因で含まれる重金属等への対応について、より一層の配慮が払われるようになってきている。

土や岩石に重金属が含有している状況は特別なことではない。重金属元素が高濃度で含まれていれば鉱床となり、事業として成立するほどの濃度と規模の鉱床であれば鉱山として我々人類に恵みをもたらす。一方、採掘するほどの高濃度ではないが、環境基準を超過するような含有量・溶出量を呈する岩石や土も存在し、これらを掘削する際にはその取扱いが問題となる。このような重金属等が地盤中に含有する原因としては、熱水作用による金属鉱物の生成、温泉水や鉱泉水からの重金属の濃集、海中における重金属の濃縮などが考えられている(湊, 1998)。また、その結果として表れる重金属存在形態を整理すると、鉱物の主成分として含まれる場合、鉱物中の微量成分として含まれる場合、岩石に構成する細粒分(泥岩を構成する微細粒子など)に吸着した状態で含まれる場合、海成堆積物に含まれる場合、腐植物等の有機物と化合して存在している場合、などが考えられ、溶出特性もこれらの存在形態に応じて異なることに注意が必要である。

自然由来の重金属等の含有の可能性のある地盤に対して工事を行う場合には、その有害性を判定する必要がある。溶出リスクの評価として一般的に行われる平成3年環境庁告示第46号の溶出試験は本来は表層の人為汚染を対象としているため、自然由来の重金属等にこれをあてはめるにはいくつか難点があることには既に多くの指摘がある。例えば46号試験は2mm以下の土壌を対象としているが、掘削ずりでは岩をどのくらいの大きさまで粉碎するのかが問題となる。また、時間の経過に伴いpHが低下して溶出量が増加するものもあるが、46号試験ではそのような特性は評価できない。過酸化水素水を用いて強制酸化の条件をつくりだし酸性化可能性と溶出量を検討する例もみられるが、この方法では岩石そのものが有する中和緩衝作用を考慮できないため重金属溶出量を過大に評価しうる問題点もある。短期・長期それぞれについて酸性水の発生と重金属等の溶出特性を的確に判定し、対応につなげることが重要である。例えば乾ら(2014)は数種類の岩石について27ヶ月の雨水暴露試験を含む様々な試験を行い、「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(暫定版)(2010)」で提示されている全含有量に基づくスクリーニング試験や、3%過酸化水素水による強制酸性化試験の有効性を議論している。様々な成果を踏まえ、科学的合理性のある環境安全性の評価法の体系化が求められる。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震・大津波の被災地では復旧・復興に関わる様々な土木事業が行われ、岩手・宮城・福島3県をあわせると12,600万m<sup>3</sup>もの土が必要との報告もある(地盤工学会, 2014)。この大量の土砂を確保するのに一部では新たな土取り場を開発することも行われているが、発生土の有効利用を進め、新材の利用をできる限り抑制することが必要である。地震と津波により多量に発生した災害廃棄物等には相当量の土砂が含まれており、処理によって再生された分別土砂の有効利用も求められた。分別土砂の一部にはヒ素やフッ素で環境基準を超えるなどの報告があった。復興事業で土砂が不足する中、基準超過の土砂についても環境安全性を確かめながら資材として利用していく可能性についても議論が必要である。土の選定・利用にあたっては、有害物質に対する安全性だけでなく、力学特性や耐久性、施工性や経済性なども十分に考慮されなければならない。「土の総合マネジメント」が重要である。そのような背景に基づき、地盤工学会では「災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン」をとりまとめ、基準超過の土砂について利用部位とモニタリングの配慮を行いつつ有効利用を行う考え方を提示した。本ガイドラインの対象は災害復興における土砂の利用だが、基準をわずかに超過する土砂の取り扱い、管轄の異なる事業間での土砂のやりとり、土砂のストックや運搬などの課題は、平時における副産物の有効利用にも関係する課題に位置付けられる。

キーワード: 発生土, 重金属, 地盤環境

Keywords: Excavated soil, Heavy metal, Geoenvironment

## 甲府盆地の地下水資源評価に向けた水収支解析 Water balance analysis for assessing groundwater resources in Kofu basin

市川 温<sup>1\*</sup>; 高部 裕也<sup>2</sup>; 中村 高志<sup>3</sup>; 馬籠 純<sup>3</sup>; 石平 博<sup>3</sup>

ICHIKAWA, Yutaka<sup>1\*</sup>; TAKABE, Yuya<sup>2</sup>; NAKAMURA, Takashi<sup>3</sup>; MAGOME, Jun<sup>3</sup>; ISHIDAIRA, Hiroshi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院工学研究科, <sup>2</sup> 山梨大学大学院医学工学総合教育部, <sup>3</sup> 山梨大学国際流域環境研究センター

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Kyoto University, <sup>2</sup>Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi,

<sup>3</sup>International Centre for River Basin Environment, University of Yamanashi

Water use in Yamanashi Prefecture is highly dependent on groundwater resources, and a number of groundwater investigations have been carried out. However, groundwater recharge, which is the most crucial factor for its proper management, remains uncertain. This study conducted a water balance analysis of Kofu basin aiming at assessment of its groundwater resources. The water balance of Kofu basin consists of temporal change of groundwater and surface water amount, precipitation, river and groundwater discharge coming from the surrounding mountain regions, evapotranspiration and river discharge going out from the outlet of the basin. The observation datasets were utilized to estimate precipitation and river discharge. An advection-aridity approach was used to estimate actual evapotranspiration. The temporal change of groundwater amount was found to be small enough to be ignored compared other components based on groundwater level observations and the temporal change of surface water was assumed to be negligible. Groundwater inflow from the surrounding areas was estimated as difference of other inflow and outflow components. The annual amounts of each components per unit area of Kofu basin were estimated as follows; precipitation: 1090mm, river inflow: 5090mm, evapotranspiration: 340mm, river outflow: 6500mm, groundwater inflow: 650mm.

キーワード: 水収支, 地下水資源, 甲府盆地

Keywords: water balance, groundwater resources, Kofu basin

## 南ゴビ地域の地下水の水質分布 Distribution of ground water quality in South gobi area

中澤 暦<sup>1\*</sup>; 永淵 修<sup>1</sup>; 岡野 寛治<sup>1</sup>; 尾坂 兼一<sup>1</sup>; 浜端 悦治<sup>1</sup>; 池田 佳祐<sup>1</sup>; 吉田 明史<sup>1</sup>;  
チョイル ジャブザン<sup>2</sup>; ツォグトバートル ジャムストラム<sup>2</sup>  
NAKAZAWA, Koyomi<sup>1\*</sup>; NAGAFUCHI, Osamu<sup>1</sup>; OKANO, Kanji<sup>1</sup>; OSAKA, Ken'ichi<sup>1</sup>; HAMABATA, Etsuji<sup>1</sup>;  
IKEDA, Keisuke<sup>1</sup>; YOSHIDA, Akifumi<sup>1</sup>; CHOIJIL, Javzan<sup>2</sup>; TSUGTBAATAR, Jamstram<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 滋賀県立大, <sup>2</sup> モンゴル科学アカデミー

<sup>1</sup>University of Shiga prefecture, <sup>2</sup>Institute of Geography Mongolian academy of sciences

39 ground water samples were collected from wells in August to September 2013 in South gobi, Mongolia. Sampling sites were located in Oyu tolgoi (Cu mine and Au mine), Tavan tolgoi (coal mine) which were large-mining activity has been conducted. In addition, samples are collected in northern area of Mongolia for comparison. PH, EC, the concentration of fluoride ( $F^{2-}$ ), chloride ( $Cl^{-}$ ), sulfate ( $SO_4^{2-}$ ), nitrate ( $NO_3^{-}$ ), sodium ( $Na^{+}$ ), potassium ( $K^{+}$ ), calcium ( $Ca^{2+}$ ), magnesium ( $Mg^{2+}$ ), mercury (Hg), manganese (Mn), nickel (Ni), zinc (Zn), cadmium (Cd), lead (Pb), chromium (Cr), arsenic (As), selenium (Se), lithium (Li), aluminium (Al), vanadium (V), cobalt (Co), molybdenum (Mo), indium (In), antimony (Sb) and tellurium (Te) were measured. We characterize the water quality and human health risk. In Tavan tolgoi and Oyu tolgoi, HQ (Hazard Quotient) showed  $>1$ , which is considered at risk. In Oyu tolgoi, HQ of  $NO_3^{-}$  (29.6+-20.1 mg/l) and As (6.63+-5.69ug/l) showed  $>1$ . In Tavan tolgoi, HQ of  $NO_3^{-}$  (47.1+-36.2 mg/l) showed  $>1$  and it contribute the most (44 %) to the average HI, followed by As (17 %, 2.57+-3.72ug/l) and Mo (17 %, 17.8 +-11.1ug/l). On the other hand neither HQ nor HI not showed  $>1$  in Northern area. Result from the nitrogen and oxygen stable isotope ratio,  $NO_3^{-}$  contamination in Oyu tolgoi and Tavan tolgoi was caused from livestock waste.



## 首都圏における地下温度の経年的な上昇とその要因 Evaluation of subsurface warming in the Tokyo metropolitan area, Japan

宮越 昭暢<sup>1\*</sup>; 林 武司<sup>2</sup>; 川合 将文<sup>3</sup>; 川島 眞一<sup>3</sup>; 国分 邦紀<sup>3</sup>; 濱元 栄起<sup>4</sup>; 八戸 昭一<sup>4</sup>  
MIYAKOSHI, Akinobu<sup>1\*</sup>; HAYASHI, Takeshi<sup>2</sup>; KAWAI, Masafumi<sup>3</sup>; KAWASHIMA, Shinichi<sup>3</sup>;  
KOKUBUN, Kuniki<sup>3</sup>; HAMAMOTO, Hideki<sup>4</sup>; HACHINOHE, Shoichi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 秋田大学教育文化学部, <sup>3</sup> 東京都土木技術支援・人材育成センター, <sup>4</sup> 埼玉県環境科学国際センター

<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup> Faculty of Education and Human Studies, Akita University, <sup>3</sup> Civil Engineering Support and Training Center, Tokyo Metropolitan Government, <sup>4</sup> Center for Environmental Science in Saitama

筆者らは、都市域における長期の地下水利用や都市特有の熱環境変化、地球温暖化に伴う気候変動が地下環境に及ぼす長期的な影響を検討するため、首都圏に位置する東京都および埼玉県を対象として、地下温度の観測を継続的に実施している。これまでに、両都県に整備されている地盤沈下・地下水位観測井網を活用して2000年から2014年まで地下温度プロファイルを複数回測定し、過去5~15年間の地下温度分布の変化を把握した。また、2007年(埼玉県内4地点)および2012・2013年(東京都内6地点)から地下温度モニタリングを実施し、地下温度の連続的かつ微細な変化と、深度による変化傾向の差異を把握した。本発表では、それらの観測結果と、温度変化の要因に関する検討結果を報告する。

筆者らの先行研究(宮越他, 2010など)により、本地域の地下温度には明瞭な地域差が認められ、都心において郊外よりも相対的に高温であることが明らかとなっている。本研究では、2013~2014年の調査によって得られた地下温度分布と2004~2005年時の地下温度分布の比較により、過去9~10年間で地下浅部に広く温度上昇が生じていることが明らかとなった。また、温度の上昇量は郊外よりも都心で大きく、両地域の温度差が増加していることが明らかとなった。さらに、地下温度の上昇は時間の経過とともに、より深部でも確認され、地下温暖化が地下深部に向かって拡大していることが示された。

より詳細に見ると、地下温度の上昇傾向は地域や深度により異なっており、各地域の地下地質構造(層相)の違いや地下水流動の違い、土地利用の違いによる都市排熱量の違いなど、様々な要因を反映していると考えられた。例えば地下温度のモニタリング結果では、都心の武蔵野台地東縁に位置する観測井において、地表付近よりも地下30~50mにおいて温度上昇率が大きいことが明らかとなった。この温度上昇部の形成深度付近の地質はシルト~粘土質層であり、地下水の流動は小さいと考えられる。このことから、本地点では、都市化に伴う地表面温度上昇の影響だけでなく、地下構造物からの地下への排熱の影響を受けて地下温度が上昇していることが示唆された。これに対して、荒川低地南部の住宅地に位置する観測井では、温度上昇率は地下深部よりも浅部で大きく、地下温度の上昇は地下浅部の厚いシルト~粘土質層を含む沖積層内において明瞭である。この地点における水理水頭の鉛直分布をみると、水理水頭は沖積層より下位の深度100m付近で最も低いが、沖積層中の地質条件を考慮すると、地下浅部の地下水の流動は小さいと考えられる。また、周辺には、大規模な地下構造物は存在しない。これらの点から、本地点における地下温度の上昇は、主に地表面からの熱の伝導によって生じていると考えられる。本研究により、各観測地点で観測された地下温度の変化を、地下地質構造や地下水流動と併せて解析することで、地下温暖化のメカニズムを明らかにできると考えられる。

本研究は、東京都土木技術支援・人材育成センター-秋田大学-産業技術総合研究所、ならびに埼玉県-秋田大学-産業技術総合研究所による共同研究の一部として実施された。また、本研究はJSPS科研費25871190の助成を受けた。

キーワード: 地下温度, 地下水流動, 地下温暖化, 都市化, 首都圏

Keywords: subsurface temperature, groundwater flow, subsurface warming, urbanization, Tokyo metropolitan area

## Long-term monitoring for groundwater temperature at closed loop GSHPs installed site Long-term monitoring for groundwater temperature at closed loop GSHPs installed site

PARK, Youngyun<sup>1\*</sup> ; MOK, Jong-koo<sup>2</sup> ; JANG, Bum-ju<sup>2</sup> ; LEE, Seung-jin<sup>2</sup> ; PARK, Yu-chul<sup>3</sup> ;  
LEE, Jin-yong<sup>1</sup>  
PARK, Youngyun<sup>1\*</sup> ; MOK, Jong-koo<sup>2</sup> ; JANG, Bum-ju<sup>2</sup> ; LEE, Seung-jin<sup>2</sup> ; PARK, Yu-chul<sup>3</sup> ;  
LEE, Jin-yong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea, <sup>2</sup>Geo3eco Co. Ltd., Chuncheon, Republic of Korea,

<sup>3</sup>Department of Geophysics, Kangwon National University, Republic of Korea

<sup>1</sup>Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea, <sup>2</sup>Geo3eco Co. Ltd., Chuncheon, Republic of Korea,

<sup>3</sup>Department of Geophysics, Kangwon National University, Republic of Korea

This study was performed to evaluate the influence of closed loop ground source heat pumps (GSHPs) on groundwater temperature. The closed loop ground source heat pumps was installed in 2009 and their capacity is 6,952 kW. The monitoring well was installed between wells used to closed loop GSHP and was located approximately 3.5 m away from well used to closed loop GSHP. The groundwater temperature were hourly measured from May 2010 to June 2013. The air temperature had ranged from -15.7 to 30.4°C and showed significant seasonal variations. The water temperature at monitoring well ranged from 13.3 to 16.3°C and their fluctuation trend was similar to air temperature. However, background of groundwater temperature showed narrow range (12.8 to 14.7°C) compared with that at monitoring well. In addition, background of groundwater temperature showed relatively weak seasonal variations. The phase difference between air and groundwater temperature at monitoring well was from approximately 4 to 5 months. The slope of regression line for air and background groundwater temperature was -0.006 and -0.01 °C/day, respectively. In contrast, the slope of regression line for groundwater temperature at monitoring well was 0.05 °C/day. These results indicate that thermal energy is cumulated in groundwater owing to operation of closed loop GSHPs in the study area. These trends can keep going. Therefore, the influence of closed loop GSHPs on groundwater temperature has to be evaluated to conserve groundwater from thermal contamination by operation of closed loop GSHPs and to keep energy efficiency. This work is supported by the Korean Ministry of Environment under "The GAIA project (2014000530001)".

キーワード: Open loop, Ground source heat pump, Groundwater temperature, Korea

Keywords: Open loop, Ground source heat pump, Groundwater temperature, Korea

## 東京・石神井川流域の浅層地下水中の硝酸ならびに硫酸イオンの起源について On the origins of nitrate and sulphate ions in urban shallow groundwater of Shakujii-gawa basin, Tokyo

安原 正也<sup>1\*</sup>; 稲村 明彦<sup>1</sup>; 中村 高志<sup>2</sup>; 林 武司<sup>3</sup>; 浅井 和由<sup>4</sup>

YASUHARA, Masaya<sup>1\*</sup>; INAMURA, Akihiko<sup>1</sup>; NAKAMURA, Takashi<sup>2</sup>; HAYASHI, Takeshi<sup>3</sup>; ASAI, Kazuyoshi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> (独) 産業技術総合研究所地質調査総合センター, <sup>2</sup> 山梨大学, <sup>3</sup> 秋田大学, <sup>4</sup> (株) 地球科学研究所

<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup>University of Yamanashi, <sup>3</sup>Akita University, <sup>4</sup>Geo Science Laboratory

東京都小平市に源を発し武蔵野台地を東流する石神井川は、その流域に小平市、西東京市、練馬区、板橋区、豊島区、北区を含む典型的な都市河川である。石神井川流域の市街地面積率は1993年時点ですでに87%であり(東京都, 2006)、特に下流部に位置する板橋区、豊島区、北区ではいち早く都市化が進行し、現在はその大部分が不透水性の地表面によって覆われている。また、下水道普及率は約20年前に流域全体で100%に達している。同流域の浅層地下水は段丘礫層もしくはその上位の関東ローム層中に存在しており、CFCsやSF<sub>6</sub>に基づく推定によると水の平均滞留時間は数年以内、最大でも15年程度である。

このような石神井川流域の現在の浅層地下水中には、関東平野の畑作地域の地下水と同程度、あるいはそれ以上の多量の硝酸イオンと硫酸イオンが含まれていることが明らかになっている(安原ほか, 2011; 2013)。また、両イオンの濃度は下流域にあたる都区部で高く、上流に向かって値が低下する傾向が認められる。さらに、小平市や西東京市では地域内で濃度が比較的均一であるのに対して、下流域に位置する板橋区、豊島区、北区では濃度に著しい地域性(mg/L単位で2オーダーの差)が認められる。

浅層地下水に含まれる高濃度の硝酸イオンと硫酸イオンの起源としては、1)現在の農業活動や公園等の緑地管理に伴う施肥、2)過去の農業活動や家庭雑排水処理の影響(過去の汚染物質が現在も地中に残存)、3)下水漏水、4)水道漏水(硫酸イオンについてのみ)、5)関東ローム層からの溶出(硫酸イオンについてのみ)などが考えられる。石神井川流域における硝酸イオンと硫酸イオンの起源と地下水汚染プロセスを明らかにするために、今回は練馬区の畑作農家が一般的に使用している化学肥料3種と有機肥料1種を含む肥料10銘柄、洗濯洗剤10銘柄、食器用洗剤2銘柄、シャンプー・浴室用洗剤2銘柄について、それぞれの同位体比 $\delta^{15}\text{N}$ ・ $\delta^{18}\text{O}$ (硝酸イオン)と $\delta^{34}\text{S}$ (硫酸イオン)を測定した。同位体比の測定値を地下水と比較・検討した結果、石神井川流域の硝酸イオンと硫酸イオンの起源として、高い $\delta^{15}\text{N}$ ・ $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ 値を有するエンドメンバー(たとえば、下水漏水、現在の畑地等で使用されている有機肥料、過去に地中浸透処理され現在も土壌中に残存している家庭污水)の役割が重要であることが明らかとなった。一部測定は現在進行中であるが、発表当日にはこれらの測定結果を提示するとともに、石神井川流域の地下水汚染プロセスについて同位体的に検討した結果をさらに詳しく紹介する予定である。

キーワード: 都市の地下水, 硝酸イオン, 硫酸イオン, 起源, 同位体

Keywords: urban groundwater, nitrate ion, sulfate ion, origin of ions, isotopes