

## 地下水水位・地盤沈下観測井網の活用に向けての課題

## Discussion on application of observation wells for groundwater levels and land subsidence

\*林 武司<sup>1</sup>、宮越 昭暢<sup>2</sup>、安原 正也<sup>3</sup>、森川 徳敏<sup>2</sup>、鈴木 弘明<sup>4</sup>

\*Takeshi Hayashi<sup>1</sup>, Akinobu Miyakoshi<sup>2</sup>, Masaya Yasuhara<sup>3</sup>, Noritoshi Morikawa<sup>2</sup>, Hiroaki SUZUKI<sup>4</sup>

1.秋田大学教育文化学部、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.立正大学地球環境科学部、4.日本工営株式会社 中央研究所

1.Faculty of Education and Human Studies, Akita University, 2.GSJ, AIST, 3.Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University, 4.R&D center, Nippon Koei Co., Ltd.

日本の各地の都市域では、地下水あるいは水溶性天然ガス等の開発によって、地下水開発層（主に被圧帯水層）の水理水頭の著しい低下や地盤沈下等が生じてきた。各都市域を擁する自治体や国は地下水水位・地盤沈下観測井網を構築し、水準測量と併せて、これらの状況を長年にわたって監視してきた。

近年、多くの都市域では、法令による地下水揚水の規制によって主要な地下水開発層の水理水頭が回復し、地盤沈下が沈静化してきているが、この結果、観測体制を見直す、あるいは縮小する自治体が増えつつある。その一方で、水資源としての地下水への関心や需要は再び高まりつつある。ホテルや病院、大規模店舗等による専用水道としての地下水利用が増加しており、また2011年東日本大震災以降は地下水への社会の注目が高まっている。さらに、水循環基本法（2014年施行）や水循環基本計画（2015年閣議決定）では、流域圏に属する自治体が水循環系における地下水を監視することが求められている。したがって自治体は、地下水水位・地盤沈下観測井網をより効果的に活用して水理水頭や地盤沈下量を監視しながら、社会の地下水需要に適切に対応し、地盤沈下を再発させない地下水（再）開発に取り組む必要性にせまられている。

一方、地球科学に携わる研究者や技術者にとって地下水水位・地盤沈下観測井網は、地下の状況を把握するための有用な「窓」であり、また、地下水開発をはじめとする様々な都市化による地下水環境の変化という「非定常系問題」を正しく理解し、その適切な対策を検討するための重要なツールである。これまで地下水水位・地盤沈下観測井網は、その性質から、本来の目的以外での活用が制限されてきた。しかし今後は、より一層の有効な活用が求められる。本発表では、地下水水位・地盤沈下観測井網のさらなる活用の方法や課題について議論する。

キーワード：地下水水位・地盤沈下観測井、活用、地下水問題、非定常系、持続可能な管理

Keywords: observation wells for groundwater levels and land subsidence, application, groundwater issues, unsteady system, sustainable management

## 首都圏における地下温度の経年的な上昇とその要因－地下温度の長期モニタリングによる検証と評価

## 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>、國分 邦紀<sup>3</sup>、濱元 栄起<sup>4</sup>、八戸 昭一<sup>4</sup>

\*Akinobu Miyakoshi<sup>1</sup>, Takeshi Hayashi<sup>2</sup>, Masafumi Kawai<sup>3</sup>, Shinichi Kawashima<sup>3</sup>, Kuniki Kokubun<sup>3</sup>, Hideki Hamamoto<sup>4</sup>, Shoichi Hachinohe<sup>4</sup>

1.国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、2.秋田大学 教育文化学部、3.東京都土木技術支援・人材育成センター、4.埼玉県環境科学国際センター

1.Geological Survey of Japan, AIST, 2.Faculty of Education and Human Studies, Akita University, 3.Civil Engineering Center, Tokyo Metropolitan Government, 4.Research Institute, 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、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把握するため、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2015年まで地下温度プロファイルを繰り返し測定し、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）から地下温度の高精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調査している。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、2013～2015年の調査によって得られた地下温度分布と2003～2005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、地下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。

地下温度モニタリング結果から、これら地下温度の上昇が継続的に生じていることが確認され、温度上昇率は地域や深度により異なることが明らかとなった。埼玉県南東部に位置する観測地点における温度上昇率は深度30mで $0.022^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 、東京都東部に位置する観測地点では同じ深度で $0.018^{\circ}\text{C}/\text{年}$ であり、観測期間中の温度上昇率の変動は極めて小さく、概ね一定であることが確認された。また、温度上昇率は同一地点では地下浅部ほど大きい傾向が認められ、両地点における地下温度の上昇は、主に地表面温度の上昇に伴う熱伝導によって形成されたと考えられた。これに対して、都心に位置する観測地点の温度上昇率は、深度30mで $0.20^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 、深度40mで $0.40^{\circ}\text{C}/\text{年}$ を示し、深度40mでは微細ではあるが季節的な変動が認められた。このような傾向から、本地点における地下温度の上昇は、地表面温度上昇の影響のみで形成されたのではなく、地下構造物からの排熱の影響を受けていると考えられた。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、地下温暖化の形成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。また本研究の一部は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、地下水環境、都市化、首都圏

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

大都市の浅層地下水の地球化学的特性について –東京都品川区とその周辺における事例研究–  
On geochemical and isotopic characteristics of shallow urban groundwater in Shinagawa district, central Tokyo, Japan

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

\*Masaya Yasuhara<sup>1</sup>, Akihiko Inamura<sup>2</sup>, Takashi Nakamura<sup>3</sup>, Kazuyoshi Asai<sup>4</sup>

1.立正大学地球環境科学部、2.(国)産業技術総合研究所、3.山梨大学国際流域環境研究センター、4.(株)地球科学研究所

1.Rissho Univ., 2.Geological Survey of Japan, AIST, 3.Univ. Yamanashi, 4.Geo-Science Laboratory

現代の多くの大都市は、遠方から運んできた大量の地表水によりその発展が支えられてきた。この様な中、日本では1995年の阪神・淡路大震災を契機に、防火用、生活用、飲料用の緊急用水源として都市の地下水への関心が急速に高まった。さらに、近年は冷却用、散水用、親水環境の創生や保全、ヒートアイランド現象の緩和に向けても、都市の自己水源としての地下水の有効性が強く認識されるようになってきた。地下水を適切に利用するシステムを構築することができれば、災害に強いと同時に、地球環境に優しいエコロジカルな都市、持続的発展が可能な未来型の都市への転換が期待できる。そのためには、まず質・量の両面から現代の都市における地下水の実態を正確に把握しておくことが必要である。一方で、都市では土地利用の改変によって地下水涵養量の減少が生じる。さらに、人工的な水利用システムと排水システムが加わり、これらが新たな地下水のソース（水道管や下水道管からの漏水による地下水涵養量の増大）、あるいはシンク（下水道管等の地下構造物への地下水の排水）として働く。この結果、都市の地下水システムは質と量の両面で極めて複雑なものとなり、その正確な実態把握を難しいものになっている。

都市の地下水について、著者らはこれまで東京都・武蔵野台地の石神井川流域（小平市、西東京市、練馬区、板橋区、豊島区、北区）を対象に、マルチトレーサーを利用した地球化学的手法に基づいて浅層地下水の起源と水質形成プロセスについて検討を行ってきた。その結果、浅層地下水の水質汚染の指標となる硝酸イオン、硫酸イオン、塩化物イオン濃度は下流域に位置する都区部において特に高濃度であることを明らかにした（たとえば、安原ほか、2014）。また窒素とイオウ同位体比の検討結果から、下水道管からの漏水（下水漏水）が都市の地下水水質に大きな影響を及ぼしている現状を指摘した。今回はこのような先行研究に続き、大都市の地下水についてさらに研究事例を積み重ねる目的で、東京都品川区と周辺部における湧水と浅井戸の地下水を対象に2015年11月に地球化学的調査を行った。研究地域は武蔵野台地（荏原台・目黒台・淀橋台）、目黒川・立会川沿いの谷底低地ならびに東京湾沿いの沖積低地からなる。日本地下水学会「都内湧水めぐり（有栖川宮エリア・目黒エリア）」（<http://www.jagh.jp/jp/g/activities/torikichi/spring/20140830.html>）に掲載された水質データも参照しながら、品川区とその周辺部の浅層地下水の水質の現状と、水の起源ならびに水質形成プロセスについて検討した結果を報告する。

キーワード：東京、大都市、浅層地下水、地下水汚染、同位体、水質形成プロセス

Keywords: Tokyo, megacity, shallow groundwater, groundwater pollution, isotope, hydrochemical process

## 千葉県銚子地域の地下水環境に関する研究 (1)

## Studies on the groundwater environment in Choshi area (1)

\*稲葉 拓磨<sup>1</sup>、手束 聡子<sup>1</sup>\*Takuma Inaba<sup>1</sup>, Satoko Tezuka<sup>1</sup>

1.千葉科学大学

1.Chiba Institute of science

農業や畜産が盛んな地域における硝酸態窒素の地下水汚染問題が世界各国で深刻な問題となっている。千葉県銚子周辺も農業が盛んであるため、硝酸性窒素による地下水の汚染が問題となっている。本研究は、畑作が盛んな銚子市の地下水における硝酸態窒素汚染の状況を把握することを目的に、銚子市内の5ヶ所の井戸および4ヶ所の湧水において2014年6月から2015年12月に水質調査を行なった。畑地が広がる台地下の3ヶ所の湧水の硝酸態窒素は地下水基準 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ を超える値（最大で $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ）を示した。一方、利根川沿いの低地に広がる銚子市街地の井戸水の硝酸態窒素は $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下であった。市街地の井戸は硝酸態窒素の流入源と考えられる畑地から離れているため、低い値を示したと推察する。この結果は、一部の湧水が畑地からの浸透水に含まれる硝酸態窒素の影響を受けている可能性を示唆した。

キーワード：地下水、硝酸態窒素、水質調査

Keywords: ground water, nitrate nitrogen, water examination

窒素同位体分析のためのアンモニア気散法の改良およびネパール・カトマンズ盆地の汚染された地下水への適用

Modification of ammonium diffusion method for  $\delta^{15}\text{N}$  analysis and application for contaminated groundwater in Nepal Kathmandu Valley

\*山本 勇生<sup>1</sup>、中村 高志<sup>1</sup>、西田 継<sup>1</sup>

\*Yuki Yamamoto<sup>1</sup>, Takashi Nakamura<sup>1</sup>, Kei Nishida<sup>1</sup>

1.山梨大学,国際流域環境研究センター

1.University of Yamanashi, Interdisciplinary Centre for River Basin Environment

The objectives of this study are to improve analysis methods of ammonia isotope and to apply for pollution source analysis of the environmental water sample. The target analysis is the groundwater of Nepal Kathmandu Valley. In this area, the dependence rate on groundwater is more than half of the total water demand, and there are many spots of exceed the ammonia standard value.

Ammonia isotope analysis of this study is a modification of the ammonia diffusion method of Holmes et al (1998). We succeeded in shortening the ammonium diffusion time from 14 days (original method) to 5 days. Ammonium concentrations were detected in the range of 2.0~17.1mg/L (n=9) and 1.8~15.3mg/L (n=6) from shallow dug well and shallow tube well, respectively.  $\delta^{15}\text{N-NH}_4$  was 2.1~23.3% (n=9) and 1.2~3.8% (n=6) from shallow dug well and shallow tube well, respectively. According to the previous studies, wastewater (human origin) has  $\delta^{15}\text{N-NH}_4=24\sim 40\%$  (Ambio, 2004) and lake sediment (natural origin) has  $\delta^{15}\text{N-NH}_4=-3.4\sim +2.1\%$  (Vreca&Muri, 2006). These results suggest that the main source of ammonium contamination is soil and mixture of soil and wastewater for shallow tube wells and dug wells, respectively.

キーワード：アンモニア性窒素同位体、地下水、カトマンズ盆地

Keywords: Nitrogen isotope in ammonia, Groundwater, Kathmandu Valley

地下水の塩素化有機物塗布ステージと分析の調査と評価を確認するために、異なるサンプリング方法  
Evaluation of Different Groundwater Sampling Methods in the Investigation of Chlorinated  
Hydrocarbons in heterogeneous aquifers

CHEN YICHIEH<sup>1</sup>、\*Dong Dong-Hsing<sup>2</sup>  
YICHIEH CHEN<sup>1</sup>、\*Dong Dong Hsing<sup>2</sup>

1.霖昌工程有限公司、2.瑞昶科技股份有限公司

1.Geophysical Technology & Engineering Co., Ltd, 2.Apollo Technology Co., Ltd

Geological heterogeneity affects the diffusion of chlorinated hydrocarbons between high and low permeability strata in groundwater plumes. Because of the concentration gradient, solutes in the low permeability zone will back-diffuse into the high permeability zone, leading to the phenomena of "tailing" and "rebound". However, these small but significant effects are often ignored, and the resulting mistaken mass transfer coefficient can cause erroneous assessments of the concentration distribution in low permeability zones. There are two parts to this study. One part is the correlation analysis of the concentrations obtained by the common sampling methods (micro-purge sampling and bailer sampling) for the chlorinated alkenes and chlorinated alkanes in 35 monitoring wells. The other part includes case studies to evaluate the use of three standard sampling methods (micro-purge sampling, bailer sampling and passive-diffusion bag sampling) for the analysis and comparison of heterogeneous aquifers.

Based on the results of three statistical hypothesis tests (t test, Z test and F test), there were no significant differences between bailer sampling and micro-purge sampling. The results thus show that both methods have a high correlation with regard to chlorinated alkenes and chlorinated alkanes ( $r=0.79\sim 0.99$ ), with the differences between them likely to be due to variations in the location depth and degree of disturbance. The major flow mechanism during bailer sampling and micro-purge sampling is influenced by advection, and the water that is obtained with both methods is mainly from the high permeability zones. Therefore, the correlations between these two sampling methods with regard to the measured concentrations were high. If the geological heterogeneity is more complex, or the high and low permeability zones show complicated inter-bedding, then bailer sampling and micro-purge sampling will erroneously estimate the actual contamination conditions, especially for the pollutants that have diffused into the low permeability zone. Due to the flow mechanism of diffusion, passive-diffusion bag sampling can better reflect the distribution of contaminants in both high and low permeability zones. To ensure the validity of the data, the sampling bags should be in place for at least 14 days, and the necessary precautions taken to prevent interference during this period of time.

Based on hydrogeology and geological heterogeneity, this study suggests that it is necessary to adopt comprehensive strategies, such as a combination of simple well investigations, monitoring well investigations (to examine sandy aquifers, gravelly aquifers, distinct inter-bedding, and so on), deep monitoring well investigations (with the water level or sampling depth exceeding 40 meters) and investigation evaluations (or remediation evaluations). With the use of appropriate sampling methods and investigation techniques, it is possible to reduce the probability of erroneous estimations, and determine the distribution of actual contamination in both high and low permeability zones, as well as the possible pollutant sources.

キーワード：塩素化炭化水素、地質異質、拡散、サンプリング方法、仮説検定

Keywords: chlorinated hydrocarbons, Geological heterogeneity, diffusion, sampling methods,  
hypothesis testing

