

## 気候変動を考慮した荒川における水量・水質の将来予測 Future Projection of flow regime and water quality in Arakawa river basin

石平 博<sup>1\*</sup>  
ISHIDAIRA, Hiroshi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 山梨大学大学院医学工学総合研究部  
<sup>1</sup> Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering

CREST 研究領域「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」の研究課題「気候変動に適応した調和型都市圏水利用システムの概要」(代表: 東京大学 古米弘明教授)では、従来の都市水利用システムを見直し、気候変動に適応可能な新たな都市圏水利用システムを提示することを目的とした研究を行っております。対象フィールドとしては、日本の荒川流域とベトナムのホン川流域という、モンスーンアジア圏にあって経済や人口の成長段階が異なる二つの都市圏流域を選定し、それぞれに適した水利用戦略を多角的に検討しています。本研究の特色は、多角的な観点から都市水利用システムを評価する総合的なアプローチにあり、研究グループは、1. 流域水資源グループ、2. 都市雨水管理・利用グループ、3. 都市地下水管理・利用グループ、4. 水質評価グループ、5. 都市水利用デザイングループの5つから構成されています。

本発表では、この研究課題の中の流域水資源グループが取り組んできた「気候変動を考慮した荒川における水量・水質の将来予測」に関する成果や都市地下水管理・利用グループとの連携事例などを紹介する予定です。

キーワード: 気候変動, 流域水資源  
Keywords: climate change, water resources

## 東京湾岸埋立地地下ボーリングコアの塩化物イオン濃度 (千葉県浦安市) Cl<sup>-</sup> concentration in pore water beneath Tokyo bay area, Urayasu, Chiba Japan

吉田 剛<sup>1\*</sup>; 風岡 修<sup>1</sup>  
YOSHIDA, Takeshi<sup>1\*</sup>; KAZAOKA, Osamu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉県環境研究センター地質環境研究室  
<sup>1</sup> Research Institute of Environmental Geology, Chiba

### はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では東京湾岸埋立地は大きな液状化・流動化被害を受け、沈下のために深い基礎を持つ構造物との段差から上水道管や下水道管などのライフラインの断絶がおこった。井戸を持つ町内会では、震災後すぐに地下水の使用をはじめることができ、震災に対する井戸の重要性を認識することができた。このため、本研究では東京湾岸地域の浅層の塩化物イオン濃度を測定し、井戸作成のための基礎資料とすることを目的とした。本研究には、千葉県による平成23年度東日本大震災千葉県液状化調査業務で掘削したボーリングコアを使用した。

### 分析方法

コアの中心部を15g程度採取し含水率を測定後、乾燥試料2.500gを測りとり50mLの蒸留水を加え1時間振とうによって溶出をおこなった。この溶出液を遠心分離後、孔径0.2 μmのフィルターでろ過しこれを検液とした。この検液をイオンクロマトグラフィーで分析測定をし、含水率・希釈率からコア中の間隙水の塩化物イオン濃度を計算し求めた。

### 結果

調査地点の地下には後期更新世の最終氷期にできた埋没谷が存在し(石綿, 2004)、その谷の上位に沖積層が重なる。調査地点の標高約-57.3mに沖積層の基底が存在し、標高約1.1mに沖積層の上端があり、その上位に人工地層が重なる。

コアの間隙水中のCl<sup>-</sup>濃度の結果は、標高-57.2~-20.1mまでの層準では下部から上部にかけて約60mg/Lから1300mg/Lへと上方に向かって濃度が上昇する。この上位の標高-19.1~-9.0mの層準では2000mg/Lを超える急激に濃度の高い層準となる。最も濃度の高い層準は、標高-12.4mの8300mg/Lであり、これは海水のCl<sup>-</sup>濃度の約40%である。この高濃度層準の上位の層準である標高-8.3~-7.03mは930~570mg/Lであった。そして、これ上位の層準および人工地層は170mg/L以下であった。

### 考察

浦安谷の沖積層中の珪藻化石群集によると(石綿, 2004)、標高-20~-30mの層準が海生種90%以上であり、堆積年代も6000年~3000年前となっている。この層準は高海面期の堆積物のため間隙水中の塩化物イオン濃度も高いことが予想されたが、本研究の結果からコア中の高濃度層準は標高-19.1~-9.0mであった。

この沖積層の間隙水中の塩化物イオン濃度の分布は、吉田ほか(2012, 2013)の千葉市美浜区稲毛海岸(地質環境研究室敷地)の沖積層コアでも認められている。加えて、この千葉市の調査地に更新統・沖積層・人工地層にそれぞれスクリーンを設けた観測井の地下水位から、人工地層から沖積層へ、更新統から沖積層へ地下水流動が起きるポテンシャルを持つことが報告されている。千葉市コアや浦安市コアにおけるこの塩化物イオンが高濃度になる層準は、海食台のような沖積層の埋没谷の谷幅が急に拡大する層準である。埋没谷の境界を挟んで更新統から沖積層へと流れる地下水流動によって、沖積層中の間隙水がフラッシングを受けていると考えられ、谷幅の急に拡大する層準ではボーリング地点と谷の境界までの距離が物理的に遠いため、更新統からのフラッシングを受けにくく高濃度の層準が存在すると思われることができる。浦安谷の沖積層においても、標高-20m以下は埋没谷の谷幅が急拡大する層準であり、堆積環境よりも埋没谷の地形が沖積層の間隙水中の塩化物イオン濃度を支配する可能性が高いことを示した。

### 引用文献

- 石綿しげ子(2004), 東京湾北部沿岸域の沖積層と堆積環境. 第四紀研究, 43, 297-310.  
吉田剛ほか(2012), 千葉県における東京湾岸の埋立地層・自然地層の地下水位と地下水中の塩化物イオン濃度, 第22回環境地質学シンポジウム論文集  
吉田剛ほか(2013), 千葉県における東京湾岸の埋立地層・自然地層の地下水位と地下水中の塩化物イオン濃度, 日本地球惑星科学連合2013年大会要旨

キーワード: 沖積層, 塩化物イオンプロファイル, 埋没谷地形  
Keywords: Alluvium, Profile of Cl<sup>-</sup> concentration, basal topography

## 都市の浅層地下水中の硫酸イオンの起源に関する同位体的研究—東京、石神井川流域を例として—

### An isotopic study on the origins of sulfate ion in shallow urban groundwater of the Musashino Plateau, Tokyo, Japan

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

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

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 秋田大学, <sup>3</sup> 山梨大学, <sup>4</sup> 地球科学研究所

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

武蔵野台地上を東西方向にのびる石神井川の流域では、浅層(自由)地下水の硫酸イオン濃度は全調査地点の約30%において30mg/L以上と高濃度であり、またその分布には7-135mg/Lと著しい地域性が認められる。安原ほか(2013)では、都市化が進行した同流域の浅層地下水の水質形成機構解明研究の一環として硫酸イオンに注目し、その起源について予察を行った。引き続き、今回は硫黄安定同位体( $\delta^{34}\text{S}$ )の測定地点数を増やし、また硝酸イオンの窒素( $\delta^{15}\text{N}$ )・酸素( $\delta^{18}\text{O}$ )同位体データ(中村ほか, 2013; 2014)も加味して、硫酸イオンの起源についてさらに詳細な検討を行った。その結果を紹介する。

同流域の浅層(自由)地下水は、板橋粘土層や渋谷粘土層といった凝灰質粘土層が厚く分布する下流域においては粘土層上位のローム層中に(水位は地表面下数m程度)、またこれら粘土層が薄いもしくは存在しない上流域では武蔵野礫層中に賦存する(水位は地表面下数5-10m程度)。浅層地下水の硫酸イオン濃度の平均値は北区(35mg/L)、板橋区(36mg/L)、豊島区(33mg/L)、練馬区(21mg/L)、西東京市(19mg/L)、小平市(28mg/L)と、都市化がより進んだ下流域の北区、板橋区、豊島区で高い値を示す。同様に、 $\delta^{34}\text{S}$ 値もこれら下流域において最高値が $+10.5\text{‰}$   $\delta^{34}\text{S}$ (豊島区)、 $+10.6\text{‰}$   $\delta^{15}\text{N}$ (北区)と上・中流域と比較して相対的に高い値を示す傾向が認められた。都市地下水の涵養源として各地でその重要性が指摘されている水道漏水については、硫酸イオン濃度は20-40mg/Lと高いものの、 $\delta^{34}\text{S}$ 値については $-2.6\text{‰}$  -  $+0.6\text{‰}$ という低い測定結果が得られた。このことから、下流域の浅層地下水中の硫酸イオンの起源としての水道漏水の寄与は全体としては大きくないと判断される。一方で、化学肥料の $\delta^{34}\text{S}$ 値は $-2.7\text{‰}$  -  $+3.5\text{‰}$ (村松ほか, 2010; 千葉県野田市の下総台地における測定値)、また生活排水の $\delta^{34}\text{S}$ 値は $+6\text{‰}$  -  $+10\text{‰}$ 程度(Vengosh, 2004)とされている。これらの値に基づくと、石神井川流域の下流域の場合、同位体的には化学肥料(中・上流域の農地などで現在使用されている肥料、もしくは土壌中に残留している過去に使用された肥料)と下水がその浅層地下水の硫酸イオンの起源となっている可能性が示唆される。 $\delta^{34}\text{S}$ 値からは下水成分の寄与は下流域ほど大きいものと推定されるが、これは並行して測定された $\delta^{15}\text{N}$ の結果とも整合的である。下水には通常高濃度の硫酸イオンが含まれている(東京都区部の下水では最高で55mg/L; 産総研未公表データ)。下水道管渠の経年変化による老朽化に伴い、管渠の建設時期が古い地域ほど漏水は著しいものと推定される。このように、石神井川流域においても、下水漏水は都市化が早くから進んだその下流域の浅層地下水の水質形成に特に重要な影響を及ぼしているものと考えられる。一方で、特に関東ローム層のように火山灰を起源とする土壌からはパイライト起源の硫酸イオンが大量に溶出している可能性もある。今後はこのようなエンドメンバーも考慮に入れながら、浅層地下水中の硫酸イオンの起源の特定をはじめとする水質形成プロセスの解明を進めてゆきたい。

キーワード: 都市の地下水, 東京都区部, 浅層地下水, 硫酸イオン, 硫黄同位体

Keywords: urban groundwater, central Tokyo, shallow groundwater, sulfate ion, sulfur isotope

## 武蔵野台地における都市河川と周辺地下水のPPCPs汚染 PPCPs pollution in an urban watershed in Musashino upland, Tokyo

林 武司<sup>1\*</sup>; 安原 正也<sup>2</sup>; 中村 高志<sup>3</sup>

HAYASHI, Takeshi<sup>1\*</sup>; YASUHARA, Masaya<sup>2</sup>; NAKAMURA, Takashi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学教育文化学部, <sup>2</sup> 独立行政法人産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 山梨大学国際流域環境研究センター

<sup>1</sup>Faculty of Education and Human Studies, Akita university, <sup>2</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>3</sup>ICRE, University of Yamanashi

都市域では、人間活動に伴って多様な化学物質が水環境中に排出されている。これらの中には、自然環境中で分解されにくく下水処理場でも除去されにくいものがあり、ヒトや水生生物への影響が懸念されている。国内でも都市河川を対象とした調査事例が増えているが、地下水を対象としたものはまだ少ない。我々は、日本を代表する都市域の1つである東京都の台地部（武蔵野台地）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（中村ほか, 2013; 安原ほか, 2013; 林ほか, 2012 など）。これらの結果を踏まえ、新たに武蔵野台地上を流れる都市河川と周辺の浅層地下水中のPPCPs組成の特徴と分布特性について調査した。調査を実施した河川は2つあり、1つは台地の西部に源流域を持ち、東方に流下する自然河川であり、主に地下水によって涵養される。もう1つは、下水再生水を水源とする人工河川である。浅層地下水は、自然河川の地形的な流域内に分布する個人井戸を対象として、不圧地下水を台地西部（上流域、郊外）から東部（下流域、市街地）まで広範囲に採取した。PPCPs組成については、78物質について半定量分析を行うとともに、これら以外に、既往研究で検出率・検出濃度が比較的高い6物質（amantadine, caffeine, carbamazepine, crotamiton, ibuprofen, N,N-diethyl-m-toluamide）について定量分析を行った。

河川についてみると、下水再生水を水源とする人工河川では、半定量分析では19物質が検出され、定量分析を行った6物質も全てが検出された。自然河川においても、半定量分析では3物質が検出され、定量分析では5物質が検出された。一方、不圧地下水では、半定量分析によってPPCPsが検出されたのは1試料のみであり、検出物質も1つのみであったが、定量分析結果ではamantadine, carbamazepine, crotamiton, N,N-diethyl-m-toluamideの4物質が上流域（郊外）でも下流域（市街地）でも検出された。これらの物質は、抗インフルエンザ薬や抗てんかん薬、向精神薬、鎮痒剤、昆虫忌避剤など多様な用途に用いられており、対象地域において多様なPPCPsが使用され、下水道を介して地下水に付加されていることを示している。発表では、PPCPs組成の特徴や空間的な分布について報告する。

キーワード: 武蔵野台地, 都市河川, 浅層地下水, 汚染, PPCPs

Keywords: Musashino upland, urban river, shallow groundwater, pollution, PPCPs



ベトナム・ハノイ市における地下水中の汚染物質除去のための家庭用浄水処理  
Title: Household water treatment for the removal of contaminants in groundwaters in Hanoi, Vietnam

ドチュアン・アン<sup>1</sup>; 滝沢 智<sup>1\*</sup>; 黒田 啓介<sup>1</sup>; 林 武司<sup>2</sup>; チャン ヴィエット・ガ<sup>3</sup>  
DO, Thuan an<sup>1</sup>; TAKIZAWA, Satoshi<sup>1\*</sup>; KURODA, Keisuke<sup>1</sup>; HAYASHI, Takeshi<sup>2</sup>; TRAN, Viet nga<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学, <sup>2</sup> 秋田大学, <sup>3</sup> ハノイ土木大学

<sup>1</sup>The University of Tokyo, <sup>2</sup>Akita University, <sup>3</sup>University of Civil Engineering, Hanoi

Between 2000 and 2025, the urban population in Vietnam is expected to double from 19 million to 40 million. Therefore, urbanization and increasing water demand is one of the most important challenges in Vietnam, especially in Hanoi. At present, Hanoi city relies on groundwater as a main source of water supply, but it is going to shift to the surface water as the demand increases in the near future. However, variation of rainfall, dam construction in the upstream of the Red River and climate change in the near future make the surface water unreliable water source for water supply in Hanoi City. As the extension of water supply coverage is slow, many households still rely on groundwater as their drinking water sources. However, groundwater is contaminated by ammonia, arsenic, iron, bacteria and others. In order to obtain clean drinking and cooking water many households use point-of-use (POU) treatment devices including sand filters, ceramic filters, reverse-osmosis filters, and UV irradiation.

To identify the impact of POU usage to water consumption and water quality, a survey of POU usage in 170 households in six communes in Hanoi was carried out in 2012 and 2013. Water samples were also taken to investigate the treatment efficiency of those POU devices. As a result of the household survey, it was found that many households in rural and suburban areas have multiple water sources and use them for different purposes, while the urban households use only piped water supply. The result indicated that between 18% and 76% of the households in these communes used POU water treatment devices, of which RO devices accounted for 58%. Groundwater was contaminated by arsenic (max 0.3 mg/L), ammonia (max. 26 mg/L), and manganese (max. 3 mg/L). Although most of the arsenic was As(III) form in groundwater, it was oxidized to As(V) in the sand filters. Thus, RO filtration was found quite effective in removal of arsenic from groundwaters.

Keywords: ammonia, arsenic, household water treatment, MDGs, reverse osmosis device, safe drinking water

## 自然由来重金属含有土の溶出抑制 Prevention of heavy metals release from natural soil

隅倉 光博<sup>1</sup>; 浅田 素之<sup>1\*</sup>; 田崎 雅晴<sup>1</sup>; 芹澤 貞美<sup>1</sup>

SUMIKURA, Mitsuhiro<sup>1</sup>; ASADA, Motoyuki<sup>1\*</sup>; TASAKI, Masaharu<sup>1</sup>; SERIZAWA, Sadayoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 清水建設

<sup>1</sup> Shimizu Corporation

湾岸地区の海成シルト層、山岳地域の火山灰地質などの現場で、ヒ素、鉛などの自然由来の重金属が問題となっている。ここでは、ヒ素の溶出防止策について、室内試験結果を中心に検討した内容を報告する。

## 地下水位上昇に伴う近年のバンコクの地盤変位 Recent surface displacement in Bangkok associated with groundwater recovery

石塚 師也<sup>1\*</sup>; 福島 洋<sup>2</sup>; 辻 健<sup>3</sup>; 山田 泰広<sup>1</sup>; 松岡 俊文<sup>1</sup>

ISHITSUKA, Kazuya<sup>1\*</sup>; FUKUSHIMA, Yo<sup>2</sup>; TSUJI, Takeshi<sup>3</sup>; YAMADA, Yasuhiro<sup>1</sup>; MATSUOKA, Toshifumi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院 工学研究科, <sup>2</sup> 東北大学 研究推進本部, <sup>3</sup> 九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所  
<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Kyoto University, <sup>2</sup>Office of Research Promotion, Tohoku University, <sup>3</sup>International Institute for Carbon-Neutral Energy Research (I2CNER), Kyushu University

世界中の多くの地域では地下水の汲み上げに伴い、地下水位の低下や地盤沈下が観測されている。タイの首都バンコクでも、1960年代から経済発展に伴い、地下水の汲み上げ量は増加し、最大1m程度の地盤沈下が報告されていた。一方、タイ政府は、地盤沈下を鎮静化させるため、地下水使用規制等の施策を行い、近年では地下水汲み上げ量の低下及び地下水位の上昇が報告されている。

本研究では、persistent scatterer SAR interferometry (PS-InSAR) と呼ばれる解析手法を用いて、2007年11月から2010年12月の約3年間の地盤変動量の推定と解釈を行った。PS-InSAR解析では、人工衛星に搭載された Synthetic aperture radar (SAR) のマイクロ波の位相変化を用いて対象地域の地表変動を推定する手法であり、広域の時系列変動を高密度に推定することに利点をもつ。

解析の結果、バンコク中心部で年間1cm程度の隆起が推定された。この隆起傾向は年々減衰しており、指数関数で模擬できることが示唆された。隆起が確認された地域では地下水位の上昇が報告されていることから、観測された隆起は地下水位の上昇によるものと考えられる。さらに、バンコク東部では、季節性の変動(隆起と沈下)が推定された。この季節性の変動はバンコクの降雨量と相関をもつことから、降雨の帯水層への浸透により発生した変動と推測される。

キーワード: 地下水位上昇, 地盤変動, バンコク, PS-InSAR 解析

Keywords: groundwater recovery, surface displacement, Bangkok, persistent scatterer SAR interferometry

## The Use of Isotopic Technique to the Assessment of River Recharge to the Depleted Ground Water Systems in Dhaka, Banglad

## The Use of Isotopic Technique to the Assessment of River Recharge to the Depleted Ground Water Systems in Dhaka, Banglad

NAHAR, Mst. shamsun<sup>1\*</sup> ; ZHANG, Jing<sup>1</sup>  
NAHAR, Mst. shamsun<sup>1\*</sup> ; ZHANG, Jing<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Toyama, Department of Environmental Biology and Chemistry

<sup>1</sup>University of Toyama, Department of Environmental Biology and Chemistry

Surveys of groundwater quality across Dhaka demonstrate the impact of intensive groundwater abstraction, which has led to invasion of the Dupi Tila aquifer by lower quality water in parts of the city. Groundwater chemical/isotopic monitoring is capable of discriminating between the effects of induced recharge from the polluted River Buriganga and of enhanced vertical leakage through the Madhupur Clay in contaminated urban areas. Over-exploitation of the aquifer has led to a progressive decline in water levels. The resulting cone of depression is thought likely to be causing the infiltration of polluted surface water. Stable isotopic techniques were used to characterize the hydrogeology and water sources the Dupi Tila aquifer beneath Dhaka. An interpretation of the linear  $\delta^{18}\text{O}$  versus  $\delta^2\text{H}$  relationship as a simple two-member mixing series between river water and recent meteoric recharge suggests that all groundwater in the lower Dupi Tila aquifer of Dhaka contains at least 30% river water.

Environmental isotope distributions approaches identify the polluted River Buriganga as the main threat to groundwater quality, indicating priorities for monitoring and aquifer protection.

キーワード: Ground Water, Dupi Tila Aquifer, Isotopic Technique, Dhaka

Keywords: Ground Water, Dupi Tila Aquifer, Isotopic Technique, Dhaka



## 新宿区おとめ山公園湧水の地下水位-流量モデルと地下水位の大気圧応答 Groundwater Level and Flow Rate Model and Barometric Response of Water Level of Well 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, <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>Institute of Industrial Science, Univ. Tokyo, <sup>4</sup>Kaijo Junior and Senior High school

東京都新宿区下落合二丁目にあるおとめ山公園の湧水(おとめ山湧水)は東京の名湧水 57 選の一つである。近年、おとめ山湧水の減少や枯渇が問題となっている。湧水量の長期的な変化を把握することを目的として、海城学園地学部では流量と地下水位を 2011 年から継続的に測定している。本稿では、この観測データを用いて行った地下水位と湧水の変動要因についての検討と、地下水位と流量を同時に表現するモデルの作成した結果を報告する。

おとめ山公園は武蔵野台地東部の落合崖線に位置しており、周辺の地層は地下に進むにつれ関東ローム層、下末吉ローム層(凝灰質粘土層)、武蔵野礫層、東京層(砂層、粘土層)、東京礫層の順に分布している。佐藤ら(2013)の調査から、おとめ山湧水は武蔵野礫層を帯水層とし、その集水域面積は 10ha から 100ha 程度であると推定される。湧水は公園内の水路を流れた後、最終的におとめ山公園の南を流れる神田川に合流する。

流量は水路の途中の段差を下る水をバケツに集めることで測定した。1 年以上に渡る観測の結果、平均流量は 20L/min 程度であると分かった。降水に対し流量は強く応答し、2012 年 4 月 2 日から 3 日までの総雨量 118mm の降水イベントでは、流量は 35 時間で 4L/min から 50L/min へと上昇した。

地下水位(井戸水位)は、おとめ山公園内にある 2 つの井戸(No.1, No.2)と、おとめ山公園から北 0.5km の井戸(目白の井戸、新宿区下落合三丁目)の 3 地点で測定した。井戸水位は自記圧力計を用い、井戸内の水圧と大気圧を同時測定することで算出した。おとめ山公園内にある井戸 No.1 と No.2 は同じ標高(T.P.26m)にあるが、帯水層が異なる。No.1 の帯水層は武蔵野礫層で井戸水位は G.L.-6m から -5m 程度であるのに対し、No.2 の帯水層は東京礫層で井戸水位は G.L.-9.3m から -9.5m 程度である。いずれも帯水層より井戸の水面が高いため被圧帯水層である。目白の井戸は標高は T.P.34m で、井戸水位は G.L.-5m から -4m 程度である。よって目白の井戸の水は関東ローム層を帯水層とする自由地下水と考えられる。おとめ山 No.1 と目白の井戸は降水に対し同様の変化をした。

おとめ山 No.1 と No.2 の井戸水位には半日周期の変動があることが分かった。そこで No.1 の井戸水位に対し無降水期間(前 2 日の降水量が 0 である日)の日コンポジットを計算した。大気潮汐により日本時間の午前 9 時頃と午後 9 時頃の 2 回極大値をとる大気圧に対して、井戸水位が逆位相で変化するのが見られた。このような井戸水位の気圧応答は、帯水層の間隙水圧が大気圧の影響を受けず一定であるときに、大気圧に釣り合うように井戸水位が減少することで生ずる(Rojstaczer, 1988 など)。大気圧応答が明瞭に見られた理由として、井戸の口が開放されていて大気圧が孔内に伝わる、井戸径が 51mm と小さいため井と帯水層との水のやり取りが少なく済む、帯水層の武蔵野礫層の上に下末吉ローム層があり透気性が小さいなどが挙げられる。これに対し目白の井戸には大気圧応答が見られなかったが、これは関東ロームの上には透気性の低い地層が存在しないためだと考えられる。

湧水量の変化の把握には精度の高いモデルが必要である。佐藤ら(2013)は 2 段タンクモデルを用いて降水量から流量の予測を行ったが、このモデルは地下水位を利用していない。そこで、我々は流量だけでなく地下水位を表現するモデルを作成した。このモデルは 3 段タンクモデルを基礎としており、1 段目が中間流出を表し、2 段目のタンクは鉛直方向への浸透のみで流出孔はなく、3 段目は地下水位に対応している。このモデルのパラメータを流量と大気圧の影響を受けず流量との相関が強い目白の井戸のデータに対し、Duan et al. (1993) による SCE-UA 法を用いて推定した。得られたパラメータを用いて予測実験を行ったところ、実測値をよく再現した。

キーワード: 湧水, 地下水位, タンクモデル, 大気圧応答, 大気潮汐

Keywords: spring water, groundwater level, tank model, barometric response, atmospheric tides

## 神奈川県足柄平野における自噴井湧水量の季節変化について The Seasonal variation of the amount of flowing artesian well springwater in the Ashigara Plain, Kanagawa Prefecture.

宮下 雄次<sup>1\*</sup>  
MIYASHITA, Yuji<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県温泉地学研究所  
<sup>1</sup> Hot Springs Res. Insti. of Kanagawa Pref.

### はじめに

島国であるわが国にとって、都市の多くが沿岸部の沖積平野に位置している。その沖積平野では、上部の扇状地や山地等において涵養された被圧地下水が、河川水とともに、工業用水源や水道水源として利用されている。高度経済成長期における都市域での過剰な地下水利用は、典型7公害のひとつとして挙げられた地盤沈下や、湧水の枯渇などの地下水障害の原因となった。

神奈川県西部足柄平野中・下流域に分布する自噴井湧水域においても、1960年代以降、自噴域の減少傾向が報告されている。また、2011年の調査により、足柄平野全体で自噴井戸は1,000本以上あり、平野全体から、一日あたり約五万トンの湧水が、自噴井から湧出していることが分かった。しかし、自噴量の季節変化については、水田への灌漑との関連が指摘されているが、詳細については不明な点が多い。

そこで本研究では、神奈川県西部地域足柄平野の中・下部に広く分布する自噴井湧水について、一年間にわたる調査を行い、自噴井から湧出する湧水量の季節変化を明らかにした。

### 調査結果及び考察

調査は、2013年6月から一年間、205井の自噴井を対象に毎月一回の調査を行い、自噴量、水温、電気伝導度、pH、及び溶存イオン濃度の測定を行った。

205地点において毎月1回測定した自噴量は、地点ごとの自噴量のばらつきが大きかったため、各月の自噴量を標準得点化し、クラスター分析により、自噴量の変化パターンが似た地点ごとにグループ分けを行った。その結果、自噴量の変化パターンは、水田への灌漑期に増加する「灌漑期対応型」と、年間を通して顕著な変化傾向が見られない「灌漑期非対応型」に分類することができた。

また、上記の方法で分類した「灌漑期対応型」の自噴井は酒匂川の西側に多く分布し、「灌漑期非対応型」は、酒匂川の東側に多く分布していた。

キーワード: 自噴井, 足柄平野, 自噴量, 季節変化, 水田灌漑

Keywords: flowing artesian well, Ashigara Plain, amount of flowing artesian well springwater, seasonal variation, irrigation to a paddy field