

京都盆地の地下水, 湧水および降水の安定同位体分布特性

Spatial distribution characteristics of stable isotopes in groundwater, spring water and precipitation samples at Kyoto

藪崎 志穂^{1*}, 河野 忠¹, 原 美登里¹, 鈴木康久²

Shiho Yabusaki^{1*}, Tadashi Kono¹, Midori Hara¹, Michihisa Suzuki²

¹ 立正大学地球環境科学部, ² 水文化研究家

¹Rissho University, ²Water-culture specialist

京都盆地は南北約18km, 東西約10kmの縦に長い形状となっており, 鴨川と桂川によって形成された扇状地が広がっている。盆地の地質は中央部の鴨川扇状地帯では砂礫層が広がっており, 南部の氾濫低地では砂礫・砂と粘土の互層が卓越し, 地下水はこれらの砂礫層中に多く保持されている。こうした地形・地質特性により, 京都盆地では昔から地下水が多く利用され, 書物に記載されている有名な井戸や名水も多く存在している。近年では人為的な影響を受けて地下水位の低下や水質の劣化が生じ, 枯渇したり埋められてしまった井戸もあるが, 現在でも利用されている井戸も多い。京都盆地の地下には豊富な地下水が貯蔵されているが, 盆地北部の貴船や鞍馬地域などの山間部から盆地南部の伏見地域などにかけて広い範囲に地下水が存在しているため, 地質の影響などを受けて地下水の水質は場所によって異なっていると考えられる。また, 涵養域や地下水流動にも異なりがあることが予測される。京都盆地の地下水流動や涵養域について明らかにするために, 京都盆地一帯の地下水等の採水に加え, 標高別の降水採取を実施し, それらの水質や酸素・水素安定同位体比を分析した。

盆地内の地下水の酸素安定同位体比は-8.9‰~-5.3‰, 水素安定同位体比は-58‰~-35‰と広範囲にわたっているが, 盆地周縁の山地部の地下水についてみると, 標高の高い場所で同位体比は相対的に低くなる傾向が認められる。また, 盆地中央部の鴨川沿いの地下水では井戸深度の違いによらず同位体比はほぼ一定しており (¹⁸Oで約-7.8‰, Dで約-50‰), 鴨川の同位体比に近い値を示していることから, 深い深度まで鴨川による涵養の影響を受けていることが示唆された。これは一般水質やSiO₂濃度の結果とも整合している。

降水サンプルは盆地北部の3地点(P-1: 標高32.5m, P-2: 100m, P-3: 310m)に蒸発防止構造を有した降水採取装置を設置し, 2009年9月9日~2011年1月24日まで約2ヶ月毎に採水を行った。採取した降水は採取量から降水量を求め, 一般水質および酸素・水素安定同位体比を測定した。2009年9月~2010年8月までの1年間分の降水の酸素・水素安定同位体比の加重平均値は, ¹⁸O値で-7.9‰, D値で-52‰(P-1), -8.1‰, -54‰(P-2), -8.4‰, -55‰(P-3)であり, 小林ほか(1997)で報告されている比叡山周辺の降水の同位体加重平均値(低地部¹⁸O:-7.7‰, D:-50.4‰; 山地部¹⁸O:-8.6‰, D:-52.6‰)とほぼ同様の値となっている。3地点の同位体比を用いて高度効果を求めたところ, ¹⁸Oで-0.17‰/100m (r²=0.981), Dで-0.7‰/100m (r²=0.819)となっており, 標高が高いほど同位体比が低くなる高度効果が認められた。周辺の山地部で採取した地下水や湧水等の同位体比にも同様の高度効果があらわれている。本発表では, こうした降水の同位体比の特徴と京都盆地の地下水の同位体比を比較して, 地下水流動や涵養域の推定について考察を行う。

キーワード: 京都盆地, 地下水, 湧水, 降水, 水質, 安定同位体

Keywords: Kyoto basin, groundwater, spring water, precipitation, water quality, stable isotope

AHW024-P02

会場: コンベンションホール

時間: 5月27日 10:30-13:00

関東平野に分布する高塩濃度地下水の塩化物イオンの起源に関する検討 Origin of chloride ion in groundwater in Kanto plain, Japan

網田 和宏^{1*}, 水野 清秀², 林 武司¹, 安原 正也³

Kazuhiro Amita^{1*}, Kiyohide Mizuno², Takeshi Hayashi¹, Masaya Yasuhara³

¹ 秋田大学, ² 産業技術総合研究所, ³ 産業技術総合研究所

¹ Akita Univ., ² Institute of Geology and Geoinform, AIST, ³ Geological Survey of Japan, AIST

関東平野では、数 10mg/l ~ 200 mg/l の高い塩化物イオン濃度によって特徴づけられる地下水塊の存在が明らかにされており（例えば木野，1970），これまでその成因に関する様々な考察が行われてきた．例えば，木野（1970）は，降水を起源とする地下水が閉鎖的な環境下で海成層からの塩化物の供給を受けたものであると推定している．また，高塩化物イオン濃度地下水の帯水層が停滞性の高い半閉鎖系の環境にあって堆積当時の塩化物イオンが残留しているとの推定（池田，1984）がなされているほか，近年においては水素・酸素同位体比と水質とを対比させた考察も行われている（林，2003）．

以上のような状況に対し，我々は関東平野において掘削されたボーリングコア試料を用いて塩化物イオンの溶出実験を行い，その結果から地層間隙水中の塩化物イオン濃度の鉛直方向および水平方向分布に関する検討を行ってきた（2009年地球惑星連合大会講演発表，2010年同ポスター発表）．シルト質層を主な対象として行ったこれらの実験より得られた主な結果は（1）春日部コアの深度 325.95m ~ 326.0m 地点に分布する砂混じりシルト層で最も高い塩化物イオン濃度が示され，その値より推定される間隙水の塩化物イオン濃度は約 2000mg/l である（2）実験を行ったコア試料で推定された間隙水中塩化物イオン濃度は，その大半が数 10mg/l ~ 数 100mg/l 程度であり，実験を行った 67 試料中，1000mg/l 以上の濃度が示された層は 3ヶ所しかなかった（3）海成層の試料を用いた実験で高い塩化物イオン濃度が示されるというわけではなく，陸成層において得られる結果も海成層と同等か，それ以上の塩化物イオン濃度が示される場合もあった（4）春日部コアから 20km ほど北西に位置する菖蒲町で掘削されたコア試料を用いた結果では，春日部コア相当の塩化物イオン濃度が示されることはなく，最も間隙水濃度が高くなる場合を想定しても 760mg/l 程度にとどまることが分かった，などであった．このように高い塩化物イオン濃度が示される領域は，鉛直方向や水平方向に対して必ずしも連続的な分布を示さないことや，また必ずしも堆積当時の環境を反映していない可能性が高いことが示唆された．

そこで今回は，春日部コアの深度 100 m - 200m 区間に存在する全ての層を対象として溶出実験を行った．これにより，一連の堆積サイクルの中で形成された各層に対応した塩化物イオン濃度分布が明らかとなることが期待される．

キーワード: 関東平野, 塩化物イオン, 溶出実験

Keywords: Kanto Plain, Chloride ion, Leaching experiment

埼玉県における地下温度分布とその時間変動 Regional subsurface temperature profiles and the temporal variations in Saitama prefecture

濱元 栄起^{1*}, 八戸 昭一¹, 佐坂 公規¹, 石山 高¹, 白石 英孝¹, 宮越 昭暢², 山野 誠³

Hideki Hamamoto^{1*}, Shoichi Hachinohe¹, Kouki Sasaka¹, Takashi Ishiyama¹, Hidetaka Shiraiishi¹, Akinobu Miyakoshi², Makoto Yamano³

¹ 埼玉県環境科学国際センター, ² 産業技術総合研究所, ³ 東京大学地震研究所

¹Cent. for Env. Sci. in Saitama, ²AIST, ³Earthquake Res. Ins., Univ. of Tokyo

地中熱利用システムは、自然エネルギーの活用有望なシステムとして日本国内でも多数導入され始めている。この地中熱利用システムの設計や効率の把握のため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)が必要不可欠である。本研究の目的は、埼玉県をモデル地域として広域的な地下環境の調査を行い、社会に公開することで地中熱利用システムの普及促進を後押しすることである。本発表では、特に地下温度についての調査手法とその結果について述べる。

地下の温度分布の計測は、埼玉県の平野部に位置する地下水観測井を活用し、2009年度に25地点、2010年度に19地点(2011年1月末時点)で実施した。2009年度と2010年度に測定した観測井は同一のものであるが、測定した季節が異なり、2009年度は夏季(7月~10月)に、2010年度は冬季(10月~2月)に測定を行った。

これまでの結果から、地下深部の熱を起源とする温度勾配は、埼玉県ではおよそ20~30mK/mであり、従来から報告されている値とも整合的である。また多くの地点では、深さ約50m付近に変曲点があり、それよりも浅い深さでは温度が地表面に近づくにつれて上昇している。これは、地球温暖化や都市のヒートアイランド現象など最近の約100年間の地表面における温度上昇を反映したものであると考えられる。2009年度と2010年度の温度分布を比較すると、多くの地点では、約100m以深の温度についてはほとんど変化していないが、一部の地点では、明らかに異なっている。これらの地点は、農業が盛んな地域に位置しており、灌漑用水として春から夏にかけて大量の地下水を揚水している。ひとつの解釈として、季節的な大量の揚水が地下水流動に影響を与えて、その変動によって地下温度が変化したものと推測される。このような変化が季節的なものかどうかを把握するためには、この深度で温度モニタリングを行うことが有効であり、今後このようなモニタリングを予定している。

一方、地表面に近い深度では、一般に地表面における温度の季節変動が地下へ熱拡散によって伝わるため、地下温度分布も変動をしている。そしてこのような地表面の季節変動が、どの深さまで影響を及ぼすかは、地下の熱物性などに依存し、地域ごとに異なる。そこで、地表面に近い深度での温度を繰り返し計測するために、埼玉県環境科学国際センターの敷地内に深さ15mと30mの観測井を掘削した(15m観測井は2010年3月、30m観測井は2011年1月に設置)。このうち15mの観測井で、2010年10月と2011年1月に温度分布の計測を行った。この結果、この地点では約8mよりも浅い深さで季節的な変動による影響が観測された。

広域的な地下温度分布の特徴を知るとともに、その地下の温度分布が時間的にどのように変化するのかを把握することは、地下環境を把握するうえで重要である。また本発表で述べる地下温度分布の調査手法や解析手法は、他の地域にも適用することができるため、重要なモデルケースとしての意義もある。

キーワード: 地下温度, 季節的溫度変動, 温度勾配, 関東平野, 埼玉

Keywords: Subsurface temperature, Seasonal temperature variations, thermal gradient, Kanto plain, Saitama

我が国における地中熱利用ポテンシャルマップの構築に向けて Study on development of potential map for geothermal heat pump system

吉岡 真弓^{1*}, 内田 洋平¹

Mayumi Yoshioka^{1*}, Youhei Uchida¹

¹ 産業技術総合研究所地質調査総合センター

¹ Geological survey of Japan, AIST

地中熱利用システムは、地下浅層(100m程度)の熱を冷暖房や給湯、融雪などに利用する省エネルギー技術の1つである。欧米諸国では一般住宅をはじめ、すでに広く導入されており、最近では、中国、韓国における導入数の伸びも著しい。地中熱利用システムについては、海外、国内共に高い運転効率や省エネルギー性が実証されているにも関わらず、我が国では本システムの普及が大幅に遅れているのが現状である。地中熱利用システムの普及のためには、地中熱の効率的な利用法の検討と長期的なシステムの安定性の実証および地下環境への負荷の小さいシステム設計が求められる。そのためには、“地中熱ポテンシャル”を定量的に評価し、各地域に適した地中熱の利用方法を提案することが必要であると考えられる。本研究では、我が国における“地中熱ポテンシャルマップ”の構築を目的とし、その第一段階として既存の地中熱利用可能性を検討した研究をレビューすると共に、実用的な“地中熱ポテンシャルマップ”への課題を検討する。

地中熱利用システムは、その採放熱方法は大きく2つに分類され、1つは地下水を汲み上げ、その熱を直接利用する方法(ここでは「地下水利用型」とする)、もう1つは、地中に熱交換井を埋設し、U字チューブを介して、地下と熱交換を行う方法(「熱交換井型」とする)である。また、自然の地中熱を利用するだけでなく、夏季の排熱を地下に蓄熱し冬季に利用する「季節間蓄熱」も地中熱利用の1種である。これらのシステム効率は、地質構造や地下水環境に大きく影響を受けるが、各要素が運転効率に与える影響は一律ではなく、相反する場合も考えられる。“地中熱ポテンシャル”は、前述の地中熱利用形態に応じて評価されるべきであるが、その検討についてはまだ十分とは言えない。

既存の研究では、濱田ほか[2002]が地質年代と地層区分、地盤の硬さを基礎とし、地下水位および透水係数のデータを加え、我が国における地中熱利用形態別の導入可能地域の割合を求めている。また、山梨県地中熱利用促進協議会では、甲府盆地に対し地層区分をもとに地中熱ポテンシャルマップを作成している。地下水利用型地中熱ポテンシャルを検討した研究例としては、大谷ほか[2008]では、濃尾平野を対象に帯水層分布および地下水揚水量を整理し、導入可能地域の検討を行っている。ゼネラルヒートポンプ工業株式会社ほか[2009]では、既存井戸の可能揚水量や水質、揚水規制の観点から地中熱利用ポテンシャルマップを作成している。熱交換井型地中熱ポテンシャルを検討した研究例としては、Fujii et al.[2007]があり、筑紫平野を対象に広域地下水流動・熱輸送解析を行い、それらの結果を反映させた単一熱交換井モデルを構築し、定量的な熱交換量分布図を作成した。吉岡ほか[2010]では、福井平野を対象に熱交換量マップを作成し、さらにGISを用いて地下情報を重ね合わせた適地マップ(内田ほか[2010])と比較し、地下情報から地中熱ポテンシャルを推定するため評価手法を検討している。

これらの研究では、地下水利用型については、地質、地下水位、帯水層厚さ、揚水量、揚水規制状況、地下水水質および地下水流速を指標としており、熱交換井型では、地質、地下水位、帯水層厚さ、地下温度および地下水流速を指標としている。しかし、同じ地中熱利用の形態であっても使用する指標は統一されておらず、また、各指標がどの程度の影響を及ぼすのかについては、いくつかの指標については個別の研究例があるものの、定量的な評価はまとめられていない。今後は、これらの指標を整理すると共に、各地中熱利用の形態において、どの指標が、地中熱利用に対しどの程度の影響を及ぼすのかについて実験と解析の両者から検討を進めていくことが求められるであろう。加えて、地中熱の需要側(住宅、工場等)とのバランスや経済性の評価を付加することで、より実用的なマップの作成に繋がると考えられる。

参考文献

内田ほか(2010)、日本地熱学会誌、32(4)、pp.229-239。 / 大谷ほか(2008)、日本地熱学会誌、30(2)、pp.121-129 / ゼネラルヒートポンプ工業株式会社ほか(2010)、NEDO『エネルギー使用合理化技術戦略的開発 エネルギー使用合理化技術実用化開発 地下水循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの研究開発』 / 濱田ほか(2002)、エネルギー・資源、23(1)、pp.61-67。 / Fujii et al.(2007)、Geothermics、36、pp.459-472。 / 山梨県地中熱利用促進協議会 Web ページ、<http://a-mec.jp/ygha/index.html> / 吉岡ほか(2010)、日本地熱学会誌、32(4)、pp.241-251。

キーワード: 地中熱利用, ヒートポンプ, ポテンシャルマップ, 地下水, 地質情報

Keywords: Geothermal heat pump system, Groundwater, Potential map, Geological information