

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 19 日現在

機関番号：82405

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24710040

研究課題名(和文) 関東平野における地下熱汚染の把握と将来予測

研究課題名(英文) Estimation and future prediction of subsurface warming in the Kanto plain

研究代表者

濱元 栄起 (HAMAMOTO, HIDEKI)

埼玉県環境科学国際センター・土壌・地下水・地盤担当・専門研究員

研究者番号：40511978

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：地球温暖化や都市部のヒートアイランド現象によって、都市部では高い気温上昇になっている。さらに気温だけではなく地下も温暖化していることが国内外の多くの地域でわかってきた。本研究では、関東平野中央部を対象として、複数の地点の観測用の井戸で地下水中の温度の鉛直分布を計測し、既存データも含めて解析することで、地下温暖化の面的な広がりを把握した。この計測においては、高い分解能の温度計測システムを本研究で開発して調査に用いた。この結果、関東平野中央部では、多くの地点で地下温暖化と思われる温度分布が得られた。このことから中心部から近郊部の広い範囲で地下温暖化が進行していることが確かめられた。

研究成果の概要(英文)：Global warming and urban heat island effect cause air temperature rise in urban areas. Furthermore, subsurface warming is occurred as well as air temperature in many areas. In this research, we measured some temperature profiles groundwater well in the central part of Kanto Plain. We investigated the distribution of the effect of subsurface warming using measured temperature data and the existing data. In the measurements, we developed new high resolution temperature measurement system for the research. As a result, in the central part of Kanto Plain, the temperature profiles seems to show subsurface warming and subsurface warming seems to be proceeding to wild area in the investigated area.

研究分野：地球熱学

キーワード：地下温暖化 都市ヒートアイランド 地球温暖化 地下水 地下温度測定 温度検層 関東平野

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化によって過去 100 年間で世界的な平均気温が約 0.7 上昇している。特に都市部では、ヒートアイランド現象による影響が加わり、高い気温上昇になっている(例えば東京都心で約 3.2)。さらに気温だけではなく地下も温暖化していることがわかってきた(図 1)。観測用の井戸で地下水中の温度の鉛直分布を計測すると、地下温暖化による影響がない自然状態では直線状の温度分布が測定されるのに対して、地下温暖化が進行していると地下数十mから地表にかけて温度が上昇し、湾曲した温度分布が測定される。

地下温暖化についての研究は、これまで欧米地域を中心に行われ、各地域の地表面温度と地下温度との関係が明らかにされている。一方、アジア地域においては、まだ研究事例は少なく、濱元ほか(2009)がバンコク地域で測定した地下温度データをもとに解析した事例では、過去 100 年間に地表面温度が 0.4 ~ 2.4 上昇していることが明らかにした。この報告では、都市近郊地域や農村地帯よりも都心部の温度上昇幅が大きいことから、地下温暖化と都市化の程度とは関連があることを指摘している。また、Miyakoshi ら(2008)は、東京周辺で集中した観測を行い、東京都心部と比べると温度が低いものの、都心部だけでなく郊外でも地下温暖化が進行していることを報告している。大阪地域においても、同様の調査が行われ、同地域でも地下温暖化が進行していることが分かってきた。

地下の温度が上昇すると地中の微生物環境が変化したり、地下水の水質が変化したりする可能性がある。また地下水起源の湧水温

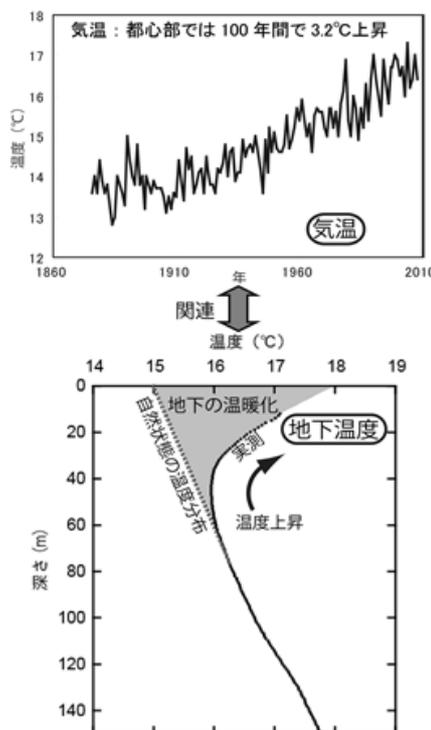


図 1 地下温暖化の概念

度の上昇によってその周辺に生息する水生生物への影響が生じることも懸念される。

このことから地下温度を計測し、地下温暖化の程度を明らかにすることは重要である。

2. 研究の目的

地下の環境を考えるうえで、地下の温度情報は重要であるにもかかわらず、これまで関東平野中央部における高精度な地下温度に関する情報は十分ではない。そこで本研究では、関東平野中央部(埼玉県)を対象として、地下温度調査を行うことで、地下温暖化の程度やその範囲を調べることを目的とした。

3. 研究の方法

地下温度分布の詳細な傾向を把握するために、後述するように一般に用いられているよりも精密な温度計測(分解能 0.001)ができるシステムを新たに作成した。このような高い分解能の装置を用いることで、地層中の地下水流動や地層の熱伝導率などを検知が期待される。測定は、観測井の地表面から孔底に向かって、温度センサーを降下させながら行い、測定間隔は、原則として地表面から 100m までは 0.5m または 1m、それ以深は 2m とした。温度センサーによって計測される温度は、孔井内の水温であるが、調査に用

いた観測井は日常的な揚水が行われず、多くの場合、周辺の地層と孔井内の水温はほぼ平衡状態にあると考えられる。したがって計測した水温を周辺地層の温度とみなすことができる。

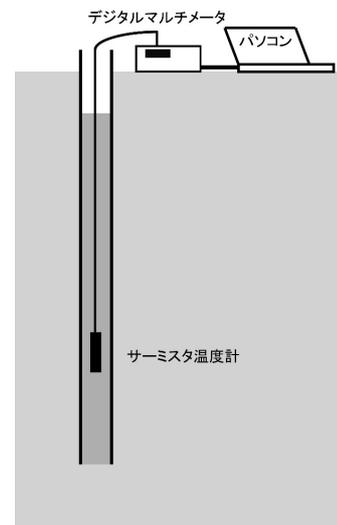


図 2 地下温度測定

4. 研究成果

(1) 高精度地下温度計測装置の開発

地下の温暖化を評価するためには、一般に用いられている地下温度計測器の 0.01K の分解能では不足であることがこれまでの計測によってわかってきた。また、一般的な測定方法は計器に表示された数字を野帳に転記し、それを持ち帰りデータをパソコンに入力したうえで、温度プロファイルをグラフ化するという流れである。この方法だと大きな労力がかかるうえに、温度プロファイルを現場

で確認しにくいという点が課題であった。そこで本研究では、高精度デジタルマルチメータ（Picotest 製 M3500A）を用いて、パソコンと接続することで 0.001K の分解能でかつ自動でデータを取り込みディスプレイ上にプロットするシステムを開発した。このようなシステム構築において、ソフトウェアの開発が重要であり、本科研費事業において図に示す外観のソフトウェアを新たに製作した。このように高分解能かつ逐次確認しながら計測を行うことができることは、実際に本システムを現場で活用し後述するような計測を行うなかで有効であることを確認した。

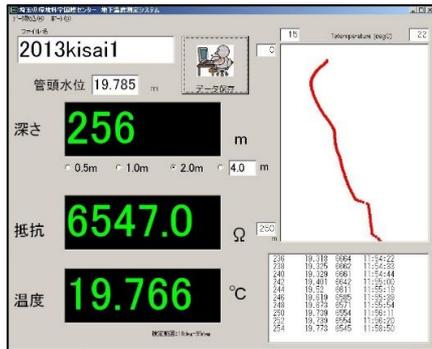


図3 本研究で開発した制御ソフト

(2) 地下温度調査の実施

関東平野中央部には地盤沈下を監視する目的で、主に平野部に観測井が設置されている。これらのうち本研究の解析で使用した観測井の位置を図4に示す。関東中央部（埼玉県付近）は、西側の山地と東側の平野部（台地や低地）に大別することができる。山地周縁には丘陵や台地が分布しており、これらの表面は関東ローム層で覆われている。一方、東側の平野部には、低地とそれらに囲まれた大宮台地がある。この地域の地質は砂やシルト・粘土が主体である。これまで関東平野中央部においては申請者らが地下温度計測を行った地点がある。本科研費事業においては、これらのデータのとりまとめを行うとともに、近年、測定が行われていない5地点（弥生観測井、深谷北観測井、大利根観測井、北川辺観測井、浦和観測井）で新たに高分解能な地下温度調査を行った。

(3) 地下温度データのとりまとめと解釈

調査対象とした観測井では、多くの地点で数十メートル以浅から地表にかけて温度が上昇する傾向がみられた（図5）。例えば図4のエリア4に示した観測井2（オレンジ色）もこのひとつであり、40m以浅では地表に向かって温度が上昇している。一般に地層温度は十数メートル程度の深さまで地表の四季の気温変化の影響（年周変動）を受けているが、それよりも深い深度では気温の年周変動の影響を無視することができる。したがって上記の温度上昇は、過去数十年から百年程度の地表面の長期的な温度上昇がこの深さまで

影響を及ぼしたものと推定される。さらに同地点で約10年前に測定された地下温度分布と比較すると、現在の方が40m付近で約0.1高くなっている。このことから地表温度の上昇による影響が深部へ徐々に伝搬していることがわかった。

本研究で測定した観測井全体の傾向をみると地域的な違いはあるが、広い範囲で温度上昇していることがわかった。地表面における温度上昇の原因としては、地球温暖化や都市のヒートアイランド現象などのほか、土地利用の変化、地下鉄や地下に埋設されている下水管からの排熱などが原因として挙げられる。特に土地利用の変化による影響は大きいと考えられる。例えば草地からアスファルトに変わった場合、地表面が温まりやすくなるため、地下に温度上昇という形で影響が伝わることになる。一方、地下鉄や下水熱による影響は、これまでのところ定量的な測定や評価はなされていないが、特に都市部ではその影響が無視できないと考えられている。いずれにせよ地下温暖化は、人間による経済活動や社会活動による影響が大きいと言えるところである。

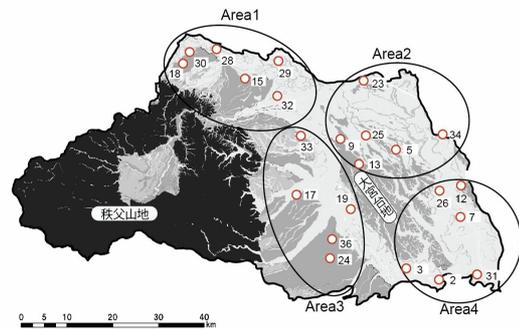


図4 地下温度データのマップ

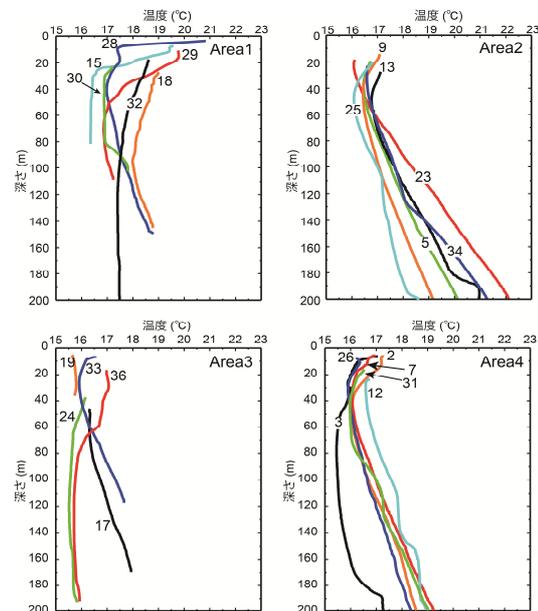


図5 地下温度データ

(4) 今後の研究へ向けて

本報告書では、地下温度データの取得ととりまとめを重点に記したが、この他にも広域的な数値シミュレーション、他地域との比較等の解析を進めている。これらの成果についても、学術論文等で公表する予定である。

<引用文献>

有本弘孝, 北岡豪一, 谷口真人, 濱元栄起 (2013): 大阪都心部における地下温暖化の実態, 地盤工学会「一地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム」, 53-58

濱元栄起, 山野誠, 後藤秀作, 谷口真人 (2009): 地下温度データを用いた過去の地表面温度履歴の推定-バンコク地域への適用-, 物理探査, Vol. 62, No. 6, 575-564

濱元栄起, 有本弘孝, 北岡豪一, 谷口真人 (2013): 大阪都心部における地下温暖化履歴の推定, 地盤工学会「一地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム」論文集, 59-64 (2013)

濱元栄起, 白石英孝, 八戸昭一, 石山高, 佐竹健太, 宮越昭暢 (2014): 地中熱利用システムのための地下温度情報の整備とポテンシャルの評価-埼玉県をモデルとして-, 物理探査, Vol. 67, No. 2, 107-119

Miyakoshi, A., T. Hayashi, A. Marui, Y. Sakura, S. Kawashima, M. Kawai (2008): Evaluation of change in subsurface thermal environment due to groundwater flow in the Tokyo lowland, Japan, International Journal of Earth Sciences, vol.97 (2) (p.401 - 411)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

濱元栄起, 有本弘孝, 北岡豪一, 谷口真人 (2013): 大阪都心部における地下温暖化履歴の推定, 地盤工学会「一地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム」学術論文集, 59-64

濱元栄起, 白石英孝, 八戸昭一, 石山高, 佐竹健太, 宮越昭暢 (2014): 地中熱利用システムのための地下温度情報の整備とポテンシャルの評価 - 埼玉県をモデルとして -, 物理探査, Vol. 67, No. 2, 107-118

〔学会発表〕(計20件)

Hamamoto H., M. Yamano, S. Goto, S. Hachinohe, H. Shiraishi, T. Ishiyama, A. Miyakoshi M. Taniguchi, H. Arimoto, K. Kitaoka (2012): Reconstruction of the thermal environment evolution from subsurface temperature distribution in Japan and Thailand, 2012 Fall Meeting, AGU, Abstract GC23C-1084, San Francisco, Calif.

Hamamoto H., H. Shiraishi, S. Hachinohe, T. Ishiyama, K. Satake, A. Miyakoshi(2014): Synthesis of subsurface temperature information and evaluation of the potential for setting up borehole heat exchanger in the central part of the Kanto Plain, Japan, EGU General Assembly 2014, Geophysical Research Abstracts, Vol. 16, EGU2014-3234-3, Vienna

Hamamoto H., Y. Miyashita, D. Tahara, M. Fujii, M. Taniguchi(2015): Synthesis of subsurface temperature information and evaluation of the potential for setting up borehole heat exchanger in Obama plain, Japan, "26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics", S13p-402, Prague

濱元栄起, 八戸昭一, 白石英孝, 石山高, 佐坂公規 (2012): 埼玉県における地中熱利用ポテンシャル評価 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 予稿集 AHW27-P08, 千葉

濱元栄起, 山野誠, 後藤秀作, 八戸昭一, 白石英孝, 石山高, 佐竹健太, 宮越昭暢, 谷口真人, 有本弘孝, 北岡豪一(2013): 地下温度分布から推定する地下の温暖化, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 予稿集 AHW27-P03, 幕張メッセ国際会議場, 千葉

濱元栄起, 八戸昭一, 白石英孝, 石山高, 宮越昭暢, 宮下雄次, 田原大輔 (2015): 関東平野中央部および小浜平野における地中熱ポテンシャル評価と比較, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, AHW26-P08, 千葉

〔図書〕(計5件)

濱元栄起, 八戸昭一, 白石英孝, 石山高, 佐竹健太, 佐坂公規, 宮越昭暢, 林武司, 山野誠(2013): 地下温度データ集(解説付), 埼玉県地質地盤資料集, 第 7 章, 761-775, 埼玉県

6. 研究組織

(1) 研究代表者

濱元栄起 (HAMAMOTO HIDEKI)

埼玉県環境科学国際センター・

土壌・地下水・地盤担当・専門研究員

研究者番号: 40511978