

「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」
平成 22 年度採択研究代表者

H26 年度
実績報告書

小松登志子

埼玉大学理工学研究科
教授

地圏熱エネルギー利用を考慮した地下水管理手法の開発

§ 1. 研究実施体制

(1)「埼玉大学」グループ

① 研究代表者:小松 登志子(埼玉大学大学院理工学研究科, 教授)

② 研究項目

・熱的かく乱が地圏の物質動態に与える影響の解明

③ 主たる共同研究者:大西 純一(埼玉大学大学院理工学研究科, 教授)

④ 研究項目

・熱的かく乱が地圏の微生物叢に与える影響の解明

(2)「日本大学」グループ

① 主たる共同研究者:竹村 貴人(日本大学文理学部地球システム科学科, 准教授)

② 研究項目

・地質要素・地圏熱特性・地下水の相互作用の評価法の確立

(3)「東京農工大学」グループ

① 主たる共同研究者:斎藤 広隆(東京農工大学大学院農学研究院, 准教授)

② 研究項目

・地圏熱・地下水利用のための地圏熱環境シミュレーション解析

§ 2. 研究実施の概要

H26年度の研究実施概要は以下の通りである。

(1) 地圏熱・地下水利用による地圏環境変化の把握

地下の温度変化が地圏の物質動態と微生物叢に与える影響を調べるため、現場および室内試験を行った。現場試験としては、埼玉大学および東京農工大学に設置した異なるタイプのヒートポンプ(HP)システムを長期間稼働させて、地下の温度、地下水水質、微生物叢などを観測した。

埼玉大学には、深さ50 mの熱交換井(熱源)から、水平距離で1, 2, 5, 10 m離れた4つの観測井, W1 (1 m), W2 (2 m), W5 (5 m), W10 (10 m)が設置されており、40°Cの温水を13ヶ月間循環させて熱負荷実験を行った。図1は、W1およびW10での深度17 m(海成層)の温度と水質(ホウ素)濃度の変化を示している。W1では地下温度が約8°C上昇し、ホウ素、カリウム、溶存有機炭素等の複数成分で温度上昇に伴う濃度上昇が観測された。その後、放冷により温度は低下し、6ヶ月程度で初期温度に戻った。それに伴い、これらの成分もほぼ初期濃度に戻った。熱負荷・放冷過程における地温上昇幅と水質濃度変化量との間には線形関係が認められた(図2)。

別に室内試験を行い、深度17 mのコア試料中の重金属類存在形態の温度依存性、土壌の透水係数や溶質移動特性の温度依存性を調査した。その結果、温度上昇に伴い、難溶性の存在形態のものが、より溶出しやすい形態もしくは水溶性として溶出すること、透水係数と溶質拡散係数が増加することが確認された。また微生物群集構造の温度依存性を調べるために、コア試料の保存条件の検討と予備実験を行った。

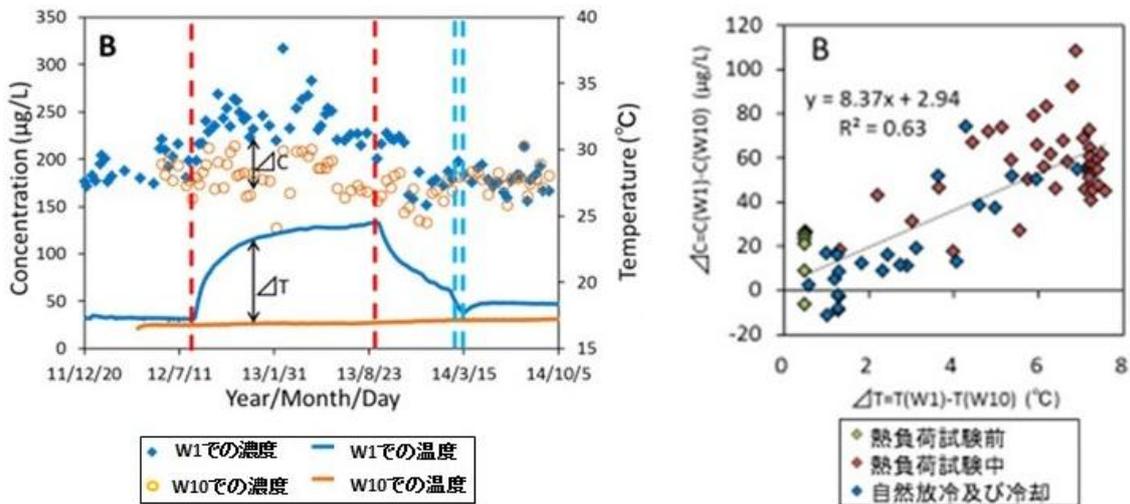


図1: 地温およびホウ素濃度の変化

図2: 地温上昇幅およびホウ素濃度変化量の関係

(2) 環境アセスメントツール開発

地層ごとの特徴の把握と、水平方向の地層を構成する地質要素および地圏物性値の連続性についての評価法を開発するためには、地質構造をモデル化する必要がある。そこで埼玉大学、東京農工大学および日本大学の近傍を含む地区についての既存のボーリングデータを用いて、三

次元の地質構造をモデル化した。また、上述の現場および室内試験をもとに、温度を考慮した物質輸送係数予測モデルを提案し、微生物叢の定量および解析手法を確立した。

地圏環境の変化を予測するための地下水および熱の同時移動解析モデルを用い、埼玉大学で実施している HP システムの長期間稼働試験を対象に解析を行った。その結果、帯水層における支配的な地下水流向と平均的な流速を推定することができ、流向・流向が熱移動に果たす役割の重要性を明らかにすることができた。

(3) 地圏熱エネルギーを考慮した地下水管理手法の開発

地圏環境の変化を予測する際に用いる、モデル化された地質構造と微生物叢との対応関係を示す表(インベントリ)を作成中である。一方で、東京農工大学での HP システムの稼働試験を参考とした仮想的な利用状況下で、地下水・熱同時移動解析モデルによる解析を行った。その結果、総床面積約 1000 m² で 3 階建の建物すべての居室にクローズド型地中熱利用空調システムを導入し、10 年間連続稼働したとしても、地温の上昇は大学敷地内に限定されることがわかった。今後、解析対象項目に水質を加えて、最終的な地下水利用・管理手法の提案とする。

【代表的な原著論文】

1) Ueki, T., Saito, T., Hamamoto, S., Sakaguchi, I., Arai, K., Kawamoto, K., Moldrup, P. and Komatsu, T. (2014) Effects of subsurface temperature increase on groundwater quality in alluvial sediment of Arakawa Low-land, Japan, Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Built Environment, 16-21.

2) 斎藤広隆, 斎藤健志, 向後雄二, 濱本昌一郎, Per Moldrup, 小松登志子(2014)熱応答試験の実施時間の短縮がみかけ熱伝導率推定に与える影響: 数値的研究, 土壌の物理性, 128, 11-20.

3) 船引彩子, 納谷友規, 斎藤広隆, 竹村貴人(2014)東京都府中市で掘削されたボーリングコア CRE-TAT-1 および CRE-TAT-2 の堆積相と堆積環境, 堆積学研究, 73(2), 1-16.