

小松登志子

埼玉大学大学院理工学研究科・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. 研究実施の概要

本研究は、地圏の熱環境の変化が物質循環や微生物生態系に及ぼす影響を明らかにし、持続的で高度な地下水利用に向けた管理手法を開発することを目的とする。

H22 年度は、地圏熱環境変化による環境リスク評価に向けて、埼玉大学・東京農工大学・日本大学構内に設けたボーリングサイトの初期地盤環境調査と、地圏微生物 DNA 分析手法確立を主課題として研究を実施した。各サイトともに、ボーリング掘削を終了し、得られたボーリングコア試料から各サイトの堆積環境ならびに基本的な物理化学特性(含水比, 乾燥・湿潤密度, pH・EC, 熱伝導度等)については概ね把握できた。微生物叢解析については、DNA 抽出から DGGE 解析に至る微生物種分析の手法を確立し、H22 年度の目標を達成した。H23 年度は H22 年度に引き続き、間隙水組成等の化学特性や、鉱物組成・年代測定、透水性などの水理特性、力学的特性(圧密特性)等を全ボーリングコア試料に対して測定し、各サイトでの詳細な初期地盤環境を把握する。埼玉大学・東京農工大学グループは、ヒートポンプシステムと観測井を設置し、地圏熱かく乱による物質・熱動態、力学特性、微生物叢変化把握に向けた原位置長期観測を開始する。また各サイトで得られたボーリングコア試料を用いて室内試験を行う。

### §2. 研究実施体制

#### (1)「埼玉大学」グループ

① 研究分担グループ長: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 研究分担グループ長: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 研究分担グループ長:竹村 貴人 (日本大学文理学部地球システム科学科、専任講師)

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

(2)「東京農工大学」グループ

① 研究分担グループ長:斎藤 広隆 (東京農工大学大学院農学研究院、特任准教授)

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

### §3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

#### 研究目的

平成 22 年度の研究目的は、①本研究プロジェクト関連の文献収集および勉強会・セミナーの開催、②対象ボーリングサイトにおける初期環境把握、③微生物 DNA 分析手法確立、④次年度室内実験に向けた予備的検討である。

#### 研究方法及び結果

平成 22 年度は、計三回に渡る地圏熱利用ヒートポンプ導入サイトの現場見学(埼玉県春日部市、東京都足立区、茨城県東海村)に加え、関連研究分野から研究者を招いて計三回のセミナーを開催した。また、計七回のグループ内ミーティングを通して、今後の研究活動の詳細計画を協議するとともにプロジェクト関連の文献調査報告を行った。

初期地盤環境を把握するために、埼玉大学構内、東京農工大学府中キャンパス構内、日本大学世田谷キャンパス構内にてボーリング掘削を実施した。図1に、ボーリング調査により得られた柱状図を示す。

埼玉大学サイト(図 1 左)は荒川低地に位置し、地表面から深さ約 40m 近くにかけて荒川低地の沖積層が堆積しており、全層に渡り砂分が多く軟弱な地盤である。帯水層(透水層)は、約 40m 付近の礫層(沖積基底層)に確認された。また、縄文海進時(約 6000 年前)に堆積したと思われる海成堆積層が深さ 15-20 m 付近に観測された。埼玉大学サイトでは、深さ 40m 付近と海成堆積層の深さ 17m 付近の二か所を帯水層とし、ボーリング掘削後にこれら 2 層から別々に地下水を採水するシステムを設置した。

東京農工大サイト(図 1 中央)は、多摩川中流域左岸に位置する武蔵野台地内の河岸段丘面(立川面相当)に位置する。表土以下、深度 5.10 m までローム層、その後深度 11.50 m まで砂礫層と続き、以下砂層および砂質シルト層が深度 29m まで見られた。また、深度 5.10m から 11.50m までの砂礫層には、多数の玉石が含まれていた。これら玉石はかつて多摩川により運ばれたものであることが推察

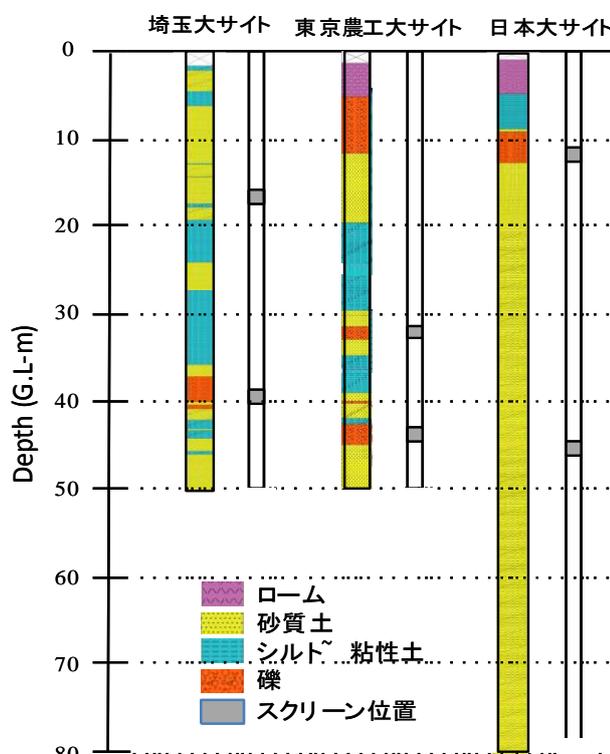


図 1 各ボーリングサイトにおける柱状図

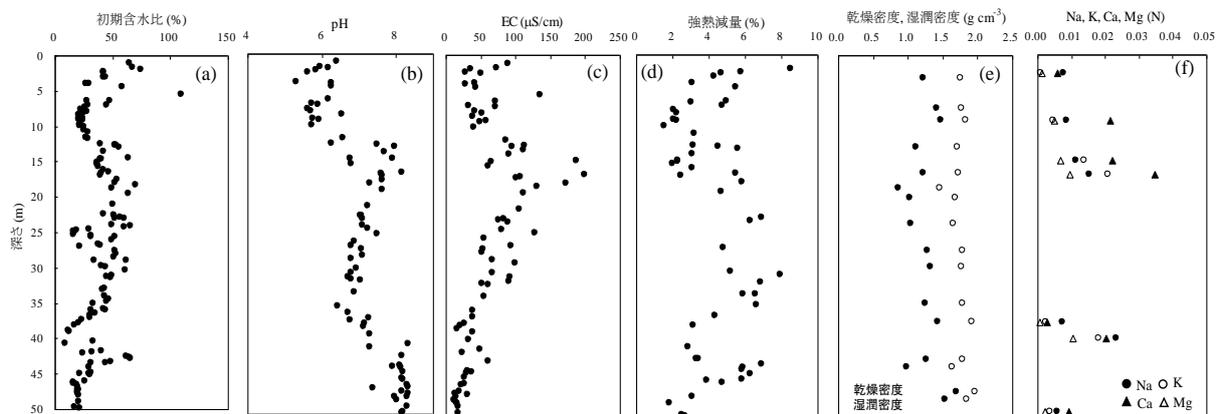


図2 初期地盤環境測定結果例（埼玉大学サイト）

される。深度29m以下には、砂層に挟まれる形で、深度32mを中心に厚さ1.7mの砂礫層と、深度44mを中心に厚さ約2.4mの砂礫層が表れた(図1参照)。農工大サイトでは、これらの砂礫層を帯水層とし、埼玉大学サイト同様に地下水採水システムを設置した。なお、これら二つの帯水層の水位は4月22日時点でともに約-27mであった。

日本大サイト(図1右)は、更新世後期以降の段丘地形が広がる多摩川下流域左岸に位置しており、日本大サイトは下末吉面相当の淀橋台の末端部にあたる。表土～4.5mには立川ロームと考えられる黒ボク土を挟むローム層があり、深度4.5m-9.2mにはシルト質粘土が分布し深度9.2-12.1mまでに強く還元された砂礫～礫層が分布していた。この礫層は、独自に集種した周辺のボーリングデータから広く連続していることが確認された。この礫層は世田谷以東の東京区部で主要な基盤層となると同時に豊富な地下水層となるとされている。深度12.1m以下は砂質～砂質シルトが80mの深度まで連続しており、地質境界は不明瞭であるが、海成環境下で堆積した上総層群の上部であると考えられる。その大部分はボーリングコア採取後、わずか数日でコア表面に酸化皮膜が形成されたことより、還元的環境であったと推察される。日本大サイトでは、最初に確認された還元的環境の砂礫層中心部と連続した砂質層の中心部にスクリーンを設置し、採水システムを設置する予定である。

各サイトでのボーリング掘削時に得られたコア試料を用いて、初期地盤環境把握として、含水比・土粒子密度・pH・EC等の基本物理・化学量測定及び一部試料については、熱伝導度・熱容量等の熱特性、イオンクロマトグラフ・ICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析装置)を用いて間隙水組成を測定した。図2に、埼玉大学サイトの試料を用いて得られた初期地盤環境測定結果例を示す。埼玉大サイトにおいて、地盤環境は堆積環境の影響を強く受け、海成堆積層(深さ15-20m)では高pH・EC値を示し、間隙水中の主要な陽イオン(Na, K, Ca, Mgイオン)濃度も20m以深に比べ高い値を示した。加えて、地下水環境基準が設定されているB, As, Pbといったイオン・重金属類についても海成堆積層で高い濃度が観察された。今後引き続き、pH・EC・間隙水組成等の化学特性や、鉱物組成・年代測定、保水性・透水性などの水理特性、力学的特性(圧密特性)等を全ボーリングコア試料に対して測定し、各サイトでの詳細な初期地盤環境を把握する予定であ

る。

各サイトで得られたボーリングコア試料を用いて、土壤微生物からの DNA 抽出手法について検討した。スキムミルクの添加と、ビーズによる破碎処理、Lysozyme による酵素処理、界面活性剤添加・加熱処理を効果的に組み合わせた方法(試薬添加・処理の順序、各段階の条件を最適化した)の採用により、使用したすべての層位試料から DNA を効率よく抽出できた。さらに、高濃度 Mg イ

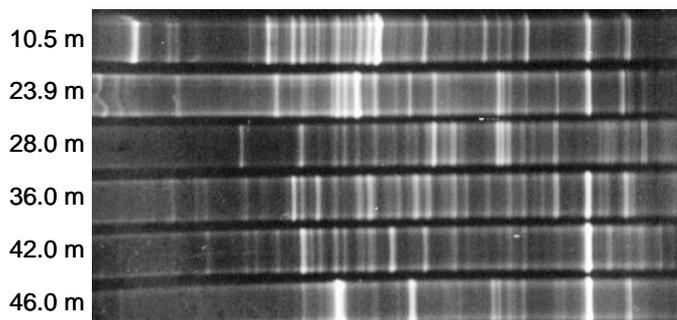


図 3 埼玉大学ボーリングコア試料を用いた真正細菌叢の DGGE 解析結果 (バンドの数=微生物種の数に相当する)

オン存在下で DNA をエタノール沈殿させることで、PCR 反応の阻害物質を十分除くことができた。以上のようにして単離精製した DNA 標品を鋳型にして、細菌の rDNA に特異的なプライマペア B338f-GC/B518r を用いて PCR 増幅することにより、DGGE 分析に適した DNA を得ることが可能となった。図 3 に DGGE 分析の代表的な結果を示す。

次年度の室内実験に向けた予備的検討として、以下の事を実施した。埼玉大学小松グループは、既存の圧密試験装置を改良し、温度・拘束圧制御下での透水試験を可能とする試験装置を設計した。この試験装置は、外部温度・圧密圧力変化に伴う透水係数変化だけでなく、ベンダーエレメントを用いた試料のせん断剛性変化や、透水試験による溶出液を分析することで間隙水組成変化の測定を可能とする。埼玉大学大西グループは、土壤コア試料の微生物培養のための嫌気培養装置を導入し、異なる温度環境下での長期培養実験に向けて試験装置操作の習得および培養条件を検討した。東京農工大グループは、次年度に実施する研究テーマ「地盤力学特性の温度依存性の把握」に関連して、温度調節型三軸圧縮試験機の設計と、温度および不飽和効果を考慮した弾塑性モデルを提案した。日本大学グループは、元素分析の高精度化のための、標準試料を用いた手法の確立と、検出定量の困難な粘土鉱物の同定法の確立に向けた分析を行った。

## §4. 成果発表等

### (4-1) 原著論文発表

### (4-2) 知財出願

① 平成22年度特許出願件数(国内 0 件)

② CREST 研究期間累積件数(国内 0 件)