

高レベル放射性廃棄物地層処分プロジェクトへの技術者としての参画意欲育成のための 教材開発（その3）～地盤中の水分移動の可視化と定量的理解のための手段～

パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 ○村田航大, 正会員 園田真帆
早稲田大学 正会員 小峯秀雄, 正会員 王海龍, 学生会員 伊藤大知, 非会員 渡部厚
パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 龍原毅, 非会員 金丸奈美, 正会員 斉藤泰久

1. 背景と目的

著者らの研究チームは、高レベル放射性廃棄物地層処分事業（以下、「HLW 事業」と表記）の認知と地層処分の技術的成立性の理解に資する教材の作成および、その情報を市民へ伝えるための学生インタープリターの育成と市民との対話方法の在り方を研究している。HLW 事業は現在、北海道の神恵内村や寿都町において文献調査が開始されたが、その活動を支援するためにも全国レベルでの HLW 事業の認知と理解が必要である。本稿では、その研究項目のうち地下水の動きに着目し、地盤中の水分移動の可視化と定量的理解のための手法に関する成果を報告する。

2. 一般市民が抱く地下水へのイメージ

国民や住民の多くに地下水の動きを正しくイメージしてもらうことは、HLW 事業への理解を促進する上で極めて重要である。なぜなら、処分場から生活圏への放射性物質の漏出をもたらす主要なリスク要因は地下水と考えられているからである。これは HLW 事業の実施主体である原子力発電環境整備機構（以下、NUMO と表記）の対話型住民説明会の資料¹⁾でも述べられている。図 1 は同資料内における、HLW 事業において地下水の流れ・流速はオーバーパック（ガラス固化体を覆う金属製容器）の経年劣化や自然災害時に伴う放射性物質の漏出に大きく関わり、ゆえに実際に事業を進めていくには、処分地の地下における物質移動の特徴を把握することが重要となるという記述である。そこで著者らはまず国民や住民の多くが抱く地下水のイメージについて考えることとした。

一般市民に対して土中（地下）に水が流れていることをイメージさせるには、井戸水や温泉の噴出等を例示すれば容易であろう。しかしながら、地下水がどのくらいのスピード（流速）で流れているか、については地下水が流れている様子を実際に見ることができないこともあり、直感的に理解することは難しいものとする（これは、地下 300m 以深に処分場を建設する HLW 事業自体にも言えることである）。HLW 事業は地下水の流動が遅い地下深く（岩盤）にて実施する事業であるが、対話型住民説明会では、地下水流動に関して「地下水が川のように流れている」といった、実現象とは乖離したイメージに基づく質問が出ることから、一般市民にとって「地下水が岩盤内を流れているイメージやその流速を正しくつかむ」ことは、難しいのである。そこで、本研究では実際に国民や住民に「岩盤中に流れる地下水流速の遅さ」を直感的に理解できるような教材の作成を試みた。また作成した教材を用いて 2021 年 1 月 8 日に早稲田大学の学部 3 年生を対象とする「環境地盤工学」内にて HLW 事業に関する講義を行った。



図 1 原子力発電環境整備機構の対話型住民説明会資料（2021 年 1 月）¹⁾における地下水の記載状況

キーワード 高レベル放射性廃棄物地層処分, 地下水, ベントナイト, 粘土

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町 3-22 パシフィックコンサルタンツ株式会社 TEL : 03-6777-1759

3. 教材作成の一例 —地下水流速の「魅せる化」—

まず第一著者は地下水の流れを住民らに直感的に理解してもらえる手法の一例として「魅せる化」を考えた。地下水流れの挙動理解において基本となるダルシー則は地下水の浸透流速を求めることができる。たとえば透水係数が 10^{-8} [cm/sec] である粘土内を通る浸透流速は動水勾配を 1 とすれば 10^{-8} [cm/sec] となるが、この浸透流速がどのくらいの大きさかを実際にイメージすることは難しい。特に、べき乗表記は日常生活にて見る機会が乏しいため分かりにくくさせる要因の1つである。

そこで、動水勾配を 1 と仮定した時に逆数を示して当該の粘土内において 1 cm および 1 m 進むためにかかる時間を記載したスライドを作成した (図 2)。実際に計算すると先ほどの逆数である 10^8 [sec/cm] は約 317 年 35 日となり、地下水流れの遅さが実感できる。

また、著者らは地下水の流速を身近なものと比較することにより、より興味を持ってもらえると考えた。実際に見ることができないものでも身近なものと比較することで「これよりも遅いのか！」等の実感が湧くからである。図 3 に地下水の流速をヒトの歩行速度等と比較した講義スライドを示す。講義内では土木系の学生の受講者が大半であったため、地学的にイメージしやすいフィリピン海プレートの沈み込み速度も比較した。先ほどと同条件のとき、粘土 (透水係数を 10^{-8} [cm/sec]) 内の浸透流速はフィリピン海プレートの沈み込み速度よりも遅くなる。これは第一著者も計算した時に流速の遅さを実感したが、講義において学生からも驚かれる等、好評であった。このように実際に住民等に説明する際にも、その地域のものと比較する等、ローカライズすることで住民らにとって、より深く理解できると考えられる。

4. まとめ

本稿では、地盤中の水分移動の可視化と定量的理解のための教材を作成した。また本教材を用いて実際に早稲田大学の学生らに講義を行った。教材の中では直感的に理解してもらうために、粘土内において地下水が 1 cm および 1 m 進むためにかかる時間を提示したり、受講者の大半が土木系であったことを受けてフィリピン海プレートの沈み込み速度と地下水の浸透流速を比較する等の「魅せる化」の工夫を行った。その結果、学生からは好評であり、特にフィリピン海プレートの沈み込み速度との比較は非常に関心を受けた。これは説明する対象者に合わせて内容をローカライズすることが重要であることを意味する。また、学生からは「一般市民はこのような基礎知識も持っていないため、地層処分について説明する際は、より深い理解のためにも基礎から説明していくべき。」との意見も出た。一般市民に、より深く理解してもらうためには実験装置 (教材) を作成することが重要であるとも考えており、どのような装置を作成していくかを今後検討していく。

謝辞

本研究は原子力発電環境整備機構 (NUMO) の社会的側面に関する研究支援事業 II : 2020 年度・2021 年度地層処分事業に係る社会的側面に関する研究の支援を受けた成果である。

参考文献

- 1) 原子力発電環境整備機構: 高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する対話型全国説明会・説明資料, https://www.numo.or.jp/taiwa/pdf/setsumeitaiwa_202101.pdf, (2021 年 3 月 31 日閲覧)

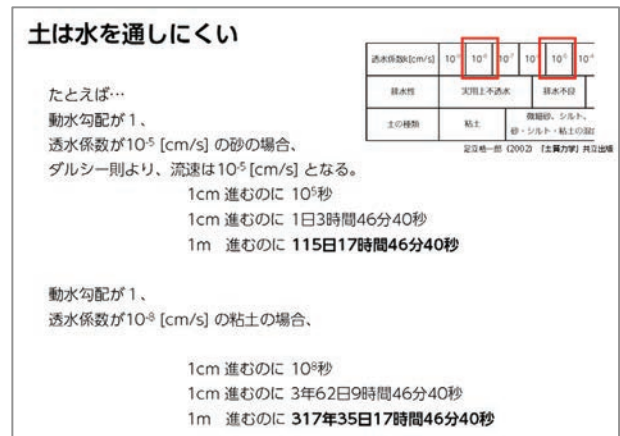


図 2 講義にて使用したスライド (一例)

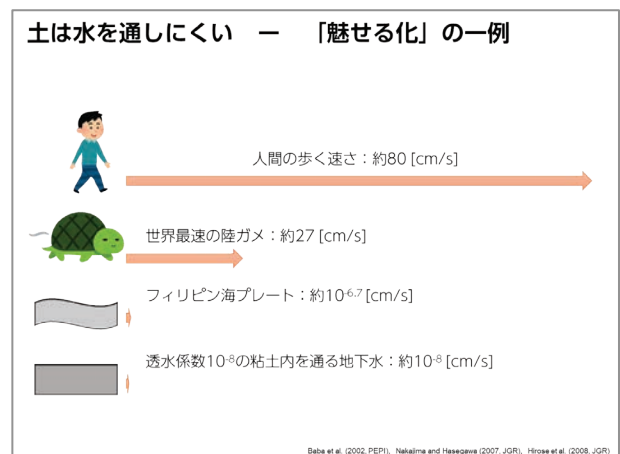


図 3 浸透流速との比較を示したスライド