

○早大地盤研のご紹介

目指せ！「地球のお医者さん」！！



早稲田大学 理工学術院
創造理工学部 社会環境工学科
教授 小峯 秀雄

Web サイト：<http://www.f.waseda.jp/hkomine/>

Research map：<https://researchmap.jp/hideokomine>

1. はじめに

早稲田大学 創造理工学部 社会環境工学科 地盤工学研究室（以降、早大地盤研）では、「地球のお医者さん」をスローガンに、福島第一原子力発電所の廃止措置、原子力発電事業の放射性廃棄物地層処分などエネルギー政策に貢献する研究から地球温暖化・低炭素社会に資する新技術開発、未来の土木技術である ICT 土木、社会基盤施設に及ぼす地震や自然災害の軽減に係る実学的研究を行っています。すべての研究テーマは、SDGs に関連したものであり、まさにサステナビリティ学を常に念頭に持った次代を担うリーダー的土木技術者の育成を行っています。本稿では、そのほんの一部ですが、紹介させていただきたいと思います。

2. エネルギー土木のための地盤工学

エネルギー土木の守備範囲は、とても広いですが、今回は特に原子力発電に関する研究を紹介します。2020年12月現在、報道もなされていますが、北海道の神恵内村と寿都町が、高レベル放射性廃棄物の地層処分施設建設の文献調査に手を挙げました。高レベル放射性廃棄物の地層処分については、原子力発電環境整備機構（NUMO）のWebサイトなどで調べていただきたいと思います。施設の建設場所は、地下300m以深であり、金属製の容器に封入された高レベル放射性廃棄物の周りには、「ベントナイト」と呼ばれる粘土材料が使用される計画です。すなわち、私たちの専門である地盤工学の技術と知見が主役ともいべき役割を担います。早大地盤研では、特に「ベントナイト」の膨潤特性、透水係数など様々な物理・化学特性を実験的に調べてデータベース化を推進して

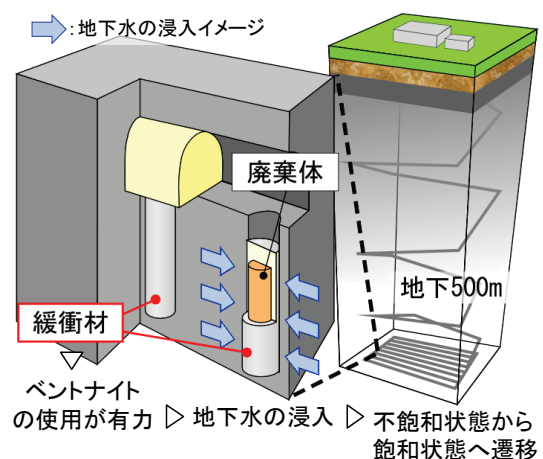


図1 高レベル放射性廃棄物地層処分の施設概念とベントナイト系緩衝材の浸潤状況のイメージ

います。このデータベースの特長の一つは、高レベル放射性廃棄物地層処分施設の置かれる様々な環境を考慮している点です。すなわち、地下深い応力条件などの力学的な条件をはじめ、地下水水質、廃棄物や地熱などの温度、数万年に及ぶ歴史的な時間変遷など、これまでの社会基盤施設設計では考えられてなかった応力・環境・時間経過条件を考慮している点に、極めて高い新規性があります。図2は、ベントナイトの最大の特長である膨潤特性を示しています。

さて、冒頭に、土木技術者を医者で例えましたね。この高レベル放射性廃棄物地層処分は、人類の生活を支えたエネルギーの一つである原子力を利用したことにより発生する廃棄物です。人間で言えば排泄物ですね。これを適切に排出しないと、人間の場合、便秘になってしまい、健康を害することになります。すなわち、このプロジェクトを進めないと、地球の健康も損なわれてしまう重要なプロジェクトで、SDGsの7番の目標「エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」の観点からも重要な項目です。早大地盤研では、土木工学の観点から、このSDGs目標の達成に貢献するべく、学術的・基礎的研究を推進しています。



図2 面白いベントナイトの膨潤挙動（右：吸水前、左：吸水後、体積が4倍ぐらいになる。中には10倍になるものも）

3. 東日本大震災からの復興支援のための地盤工学

2011年3月11日は、土木技術者である小峯秀雄にとって、決して忘れることはできない日です。一生つき合っていかなければならないものを心に刻まれました。2011年3月11日、14時46分、著者は、当時の職場である茨城大学に居て、1845 galを体感してしまいました。特に、電力土木・エネルギー土木の一研究者である小峯秀雄にとっては、「辛い」思い出でしかありません。そう、ご存じ通り、福島第一原子力発電所の事故です（図3参照）。そして、2014年4月に、経済産業省や文部科学省等の中枢がある東京、母校の早稲田大学に勤務地を移すことになりました。運命的なものを感じて福島第一原子力発電所の廃止措置に尽力することを決意しました。そんな思いを持ちながら、文部科学省「国家課題対応型研究開発推進事業」『廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム委託費』に申請し採択され、「廃炉地盤工学」を開始しました。このプロジェクトの内



図3 福島第一原子力発電所4号機（撮影日：2011年3月15日）（出典：東京電力ホールディングス）

容については、いただきました紙面スペースでは、到底、書ききれません。是非、次の Web サイトを訪れていただきたいと思います。

廃炉地盤工学 Web サイト：<https://www.hairo-jiban.org/>

地盤工学特論 B～廃炉地盤工学の創生～：<http://www.f.waseda.jp/hkomine/Decommissioning.html>

一つだけ、まさにこのプロジェクトの成果が、国家的なプロジェクトに採用された事例を紹介しましょう。図4は、放射線遮蔽性能と遮水性能の両方を併せ持つ「超重泥水」です。図4左の写真にあるように、「超重泥水」は液体状を呈していますが、その比重は2.5（一般的な固体の土粒子の比重は2.65ですね）です。比重1.1～2.5程度の範囲を、配合方法や使用する物質選定を適切に行うことにより様々な「超重泥水」が製作できます。

さて、このプロジェクトも医学で例えてみましょう。「超重泥水」を、大量の放射線を放出

している状況にある福島第一原子力発電所に適用するという事は、「これ以上に過酷な状況にならないように」という対症療法の素材と考えられます。いわゆる予防医学的な土木技術と考えることができます。建屋からの漏水も抑制できるという観点では、投薬による状態改善という位置づけも考えられますね。いずれにしても、危機的な状況にある構造物を、これ以上、状態を悪くしないように、または、改善の方向に持っていくための施術と考えることができます。また、このプロジェクトは、SDGsの9番（産業と技術革新の基盤をつくろう）や11番（住み続けられるまちづくりを）の目標になるのでしょうか。事故を起こした原子力発電所の廃止措置技術の確立は、まさに技術革新でしょうし、福島復興は、住み続けられるまちづくりに寄与することになります。

4. 地球規模環境問題・低炭素社会のための地盤工学

前章までに、特に原子力関連のお話が続きました。早大地盤研で対象としている研究テーマは、原子力だけではありません。火力も水力も、再生可能エネルギー、送電線関連も対象に研究を進めています。火力発電所の解決されるべき課題に、地球温暖化の問題があります。石炭火力発電所は、大量のCO₂を排出すると言われていています。そして、私たちは、石炭灰やその他の燃焼系副産物、そして新しい無機系素材には、CO₂を固定化する能力を持つものがあることを、基礎的な実験を通じて明らかにしてきました。これらCO₂固定化素材を活用した都市環境の地球温暖化対策としての再評価や新しい素材を活用した都市環境づくりに貢献する研究も進めています。SDGsの13番目の目標（気候変動に具体的な対策を）に貢献する研究ですね。図5は、当該研究プロジェクトの概念を示したものです。私たちは、都市環境施設のCO₂固定化性能計算法を開発し、また、様々な



図4 超重泥水とIRIDプロジェクトへの貢献

(<https://www.nb-institute.com/nb%e6%8a%80%e8%a1%93%e7%b4%b9%e4%bb%8b/nbc/>)

素材の CO₂ 固定化性能の定量データを獲得しています。これらを活用して、都市環境施設の一つである廃棄物処分場が、森林による CO₂ 固定化性能を上回る潜在的な能力を保有することを明らかにしています（小峯秀雄：副産物・素材の CO₂ 固定化性能に基づく地域密着型カーボンキャプチャー構想の定量評価、令和 2 年度土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会、CS16-05、2020 年 9 月）。「夢」がありますね。そうそう、副産物を新しい観点で活用するという意味において、この研究は SDGs の 12 番目標（つくる責任、つかう責任）にも貢献することになります。そして、医学で例えると、まさに循環器系医学になります。CO₂ のリサイクルなのですから。地球の呼吸がテーマですね。とても「夢」のある研究です。

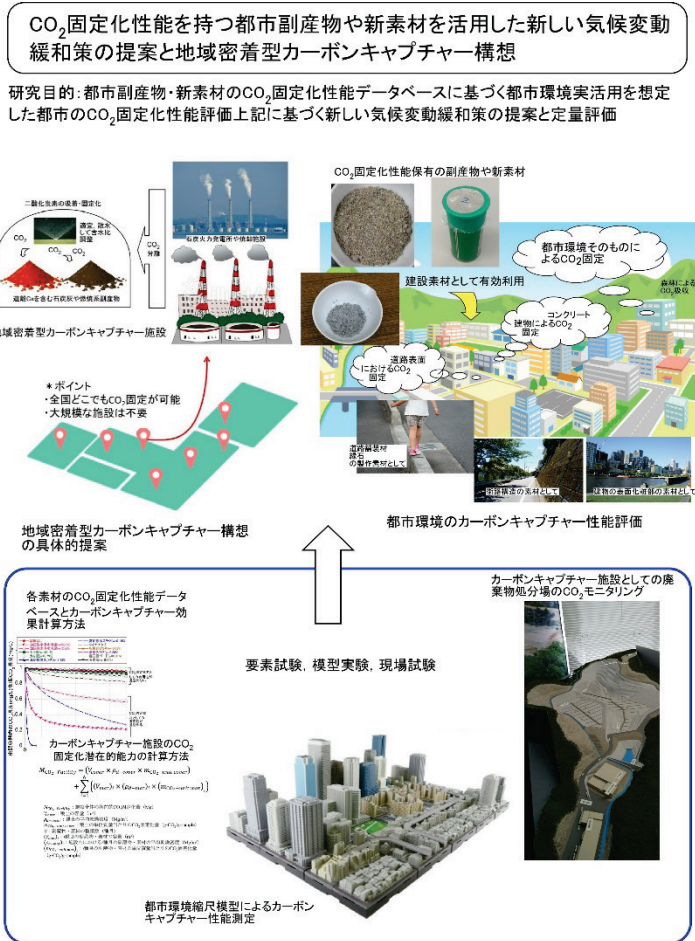


図 5 CO₂ 固定化性能を持つ都市副産物を活用した地域密着型カーボンキャプチャー構想

5. 自然災害軽減/ICT 土木のための地盤工学

さて、もう紙面がなくなってきました。早大地盤研では、未来社会を想定して ICT 土木に関する研究として、高速道路などの盛土施工において、盛土表面の連続的に撮影できる画像データや遠隔測定可能な加速度応答データを活用した新しい施工管理方法の研究も進めています。この研究は 2020 年度、国土交通省の支援を受けて、本格的に始動した研究テーマです。SDGs では 9 番（産業と技術革新の基盤をつくろう）に該当するでしょう。医学で言えば、臨床検査的な技術に相当すると考えています。今後、早大地盤研の研究成果にご注目ください。

6. おわりに

本稿では、口語調で、早大地盤研で進められている研究テーマのいくつかを、SDGs の観点で紹介しました。また、工学よりも 100 年前に学問としてスタートした医学との対比でも語ってきました。いかがでしたでしょうか。地球を人体に例えて、私たち、土木技術者はまさに「地球のお医者さん」でなければならないと思います。ここで忘れてはいけないことがあります。そう、医学が人の命を守る学問であるのと同じように、土木工学・地盤工学は「地球や社会の命を守る学問」です。「覚悟して精進あるのみ」と学生さんたちには、伝え続けております。