

8. 地盤環境 地盤環境調査

鈴木 弘 明

日本工営（株） 中央研究所

1. はじめに

本報告では、地盤環境（地盤環境調査）のセッションについて総括する。本セッションでは9編の研究発表が行われたが、そのテーマを①地下水の流動・物質移動（No.1012～No.1015）、②土壌溶出（No.1011, 1016～No.1018）、③土壌微生物（No.1019）の3つに大別した。

2. 研究及び技術動向

3つのテーマについて重要と考えられる課題と展望をそれぞれ整理する。

2.1 地下水の流動・物質移動

地下水の流動については、地下水ポテンシャル¹⁾を把握する観点から観測手法（井戸構造）を検討した事例が目新しい発表であった。本年（平成26年）4月2日に公布され、7月1日から施行された水循環基本法²⁾、今後、詳細な水循環基本計画が策定されることになるが、その名のおり水を循環系としてとらえる視点で成り立っている。地下水を水循環系の一部としてとらえることは、従来から行われてきているものの、涵養域と流出域の特性を明確にするためには、詳細な地下水ポテンシャルを把握する必要がある。1つの地点で多段階（複数深度）の地下水ポテンシャルを把握するためには、観測井の構造が重要な課題となる。流出域において設置された観測井のシーリング区間の長短により孔内水位が異なってしまうことを検討した本事例は、観測井の厳密な仕上げが必要なことを示唆している。今後、実用的な地下水ポテンシャルの調査手法が確立されることが期待される。

物質移動については、地盤中に微量に含まれる汚染物質の濃度分布を原位置で把握する手法の開発が課題の1つとして挙げられる。このうち物理的手法（電磁波）を用いた調査は、精度的にも期待される技術と考えられる。今後、原位置での適用性（実用性）の検討を含めた展開が期待される。

2.2 土壌溶出

土壌溶出については、多くの課題が挙げられるが、特に岩石の溶出特性に関する課題は多く、重要な研究課題となっている。たとえば、①岩石の長期的な溶出特性の

変化、②酸化・還元雰囲気の違いによる溶出特性、および③試験に供する試料の粒径（初期、経時変化）などが挙げられる。掘削岩を用いた盛土のような実現象を把握するためには、なるべく大きな規模の試験装置を用いて、長期間実施することが好ましい。このような実験データが出はじめたことは岩石の溶出現象を把握する上で重要である。今後も実験を継続するとともに解析結果の公表が期待される。

また、トンネル掘削等において発生する岩石（ズリ）の溶出量を事前に把握する目的で水平ボーリングによる試料採取が行われるケースが多くなっているが、施工に対する時間・経費が課題となっている。試料採取についても簡便化（ノンコアボーリングによるスライムの利用）や現地で迅速に溶出量を測定する手法の開発も行われているが、溶出メカニズムを把握すること重要である。対象となる岩石の性質（岩相のみならず、硬岩・軟岩の違いによる試験中のスレーキングによる粒径変化）に着目した検討が重要と考えられ、今後の展開が期待される。

2.3 土壌微生物

沖縄県や東南アジアにおける赤土砂問題は、海洋汚染、斜面侵食の重要な課題となっている。1つの解決策として、地表面の土壌中の藻類や菌類を繁茂させることによる侵食抑制効果の増強は、重要な研究テーマと言える。このBSC（Biological Soil Crust）の侵食抵抗性を工学的に評価した研究は、今後、実用化に向けて期待される技術と考えられる。

3. まとめ

地盤環境調査においても、マクロな領域を対象としたものからミクロな領域を対象としたものまで多種多様であるが、観測（分析）結果からモデルを構築することになる。調査量の増加（より多くのデータの取得）とともに、現象発生の化学的側面からのメカニズム検討も重要と考えられる。

1) 榎根 勇:地下水と地形の科学, 講談社学術文庫, pp.81～88, 2013.

2) 水循環基本法(平成26年4月2日法律第16号)
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H26/H26HO016.html>

8. 地盤環境 土壤汚染（重金属，除染）

大 山 将
(株) 鴻池組

1. はじめに

昨年に引き続き地盤工学研究発表会学会の初日、オープニングセッションの座長を担当させて頂いたが、朝早くから多数の参加があり、本分野の研究成果への関心の高さを示したものと見える。本報告では、地盤環境—土壤汚染（重金属，除染）のセッションについて総括する。

本セッションでは、酸性鉱山廃水の水質データ収集および相関関係の解析，自然由来ヒ素を含有する硬質粘土のヒ素溶出特性と吸着層工法適用に関する検討，各種土壤に対するヒ素等アニオンの分配係数に関する配慮事項の検討，黄鉄鉱を含む掘削土砂に鉄鋼スラグを配合した場合の中和・不溶化効果に関する検討など，主に自然由来の重金属への対応に関して5編，原子力発電所事故に起因する放射性セシウムの除染に関連した検討として，洗浄分級による減容化および空間線量率測定信頼性について2編の発表があった。

2. 研究及び技術動向

2.1 重金属

建設工事で遭遇する土壤汚染については，人為由来もしくは自然由来に関わらず，周辺環境に影響を及ぼさないよう適切な対応が必要となる。土壤汚染対策法が適用される場合は法令に従った対応となるが，トンネル工事などで掘削対象となる岩石もしくは堆積物中に基準を超過する自然由来の重金属等を含んでいても土壤汚染対策法が適用されない要件の場合が多く，個別サイトごとに適切な対応が検討される。また，掘削土砂に黄鉄鉱などの硫化鉱物が含まれる場合，酸性化や酸性水発生，酸性化に伴う重金属等の溶出が懸念されることから，自然由来重金属と併せてその対応が検討される場合がある。

自然由来重金属を含む掘削土砂は，概ね低濃度での基準不適合ではあるが一工事で大量に発生する場合が多く，隣接工区も同様の地質条件であれば，一事業でほぼ同時期に膨大な量の汚染土壌が発生することが想定される。したがって，基準不適合の掘削土砂を単に場外搬出して最終処分することは搬出先の確保や経済性の観点から現実的ではなく，現場内外においてリスク管理を行いながら適切に利用することが求められており，この様な背景に基づき，重金属等溶出特性の予測や土壤中移動シミュレーション，対策技術などの研究開発が近年活発に行われている。

関東地方のシールドトンネル工事などの掘削工事で遭遇することが多い自然由来のヒ素を含有する硬質粘土について，土塊状や土砂状など掘削時の粉碎の程度（見かけの粒度分布の差異）や養生（仮置き）期間によってヒ素の溶出特性が異なることが示された。リスク管理の観点からは，掘削土砂の最終的な利用状況に即した溶出特性の把握が肝要であり，今後も種々の地質・土質において重金属等の溶出特性が調査され，データが蓄積されることが望まれる。また，掘削方法の違いによる見かけの粒度分布の差異が締め固め特性や透水性にも大きな影響を及ぼすことが示された。これは，硬質粘土を締め固めて品質基管理基準範囲内の盛土を造成しても，透水性はどうしても不均一になることを意味しており，均一に盛土内に水が浸透することを前提とした吸着層工法を適用することが困難である可能性が示唆された。掘削土砂の性状に応じて適切な設計がなされるべきという，極めて基本的な事項ではあるが，認識を新たにしたいと考える。

酸性廃水の水質データについては，浮遊懸濁物質（SS）についてデータの有無や重金属濃度との相関が気になった。アニオンの分配係数については，具体的なシミュレーション計算における活用事例の報告に，鉄鋼スラグの中和・不溶化効果については，長期的なデータの収集にそれぞれ期待したい。

2.2 除染

放射性セシウムを含む土壤の減容化手法として，湿式分級を基本とする洗浄処理は比較的低コストでかつ処理能力が高いことが特長である。今回報告のあった超音波とキャビテーションジェットによる土壤洗浄装置はバッチ処理を基本としているが，今後のスケールアップ検討では，処理能力の向上が課題ではないかと感じた。

空間放射線量率測定時に用いるシンチレーション式サーベイメータについて，検出器の違い（NaI(Tl)とCsI(Tl)）による測定値の差異等に関する報告があった。サーベイメータには方向特性があること，実環境では三次元的な感度が影響することなどが議論された。

3. まとめ

地盤環境，土壤汚染分野がカバーする範囲は広く，地盤工学を専門とする者が貢献しうる問題も多岐にわたる。詳細な検討や研究開発の成果が地盤環境問題の改善に寄与するためには，実際の現場に開発技術が適用されることが不可欠であり，研究の進展が今後大いに期待される。

8. 地盤環境 土壤汚染（重金属以外）

棚橋 秀行

大同大学 工学部

1. はじめに

本報告では、土壤汚染（重金属以外）のセッションについて総括する。本セッションでは7編の発表があった。重金属以外の土壤汚染に関するセッションであるが7編中6編は油汚染に関するもので、残る1編は農地の硝酸汚染に関するものであった。6編の油汚染の研究のうち、現位置計測が3編、バイオアッセイが1編、油の移動解析が2編であった。本報告では座長が特に興味をもった現位置計測3編、油の移動解析2編について総括したい。

2. 研究及び技術動向

現位置計測の3編のうち2編は油の微生物分解に関するものであった。油分分解微生物の増殖状況を評価する方法としてキノコ種とその量に着目し、土壤油分（灯油）TPHを2地点で計測したところ、ともに有意の相関が確認されたことが報告された。また、バイオパイルによって異なる油種に対する微生物分解を行った研究では燃料系の油に対して潤滑油の生物分解が遅いことが報告された。現位置計測のもう1編は有機塩素化合物漏洩から30年以上が経過した事例の貴重な紹介であった。その中で、揮発性にもかかわらず不飽和帯で原液状の残留が多く、30年経過しても土着微生物では油塊の周辺部分しか分解されていないことが報告された。

近年、微生物による原位置油分解の現場計測結果の報告が多く目にするようになり、ほとんどの場合好ましい結果が得られている。しかし、非掘削浄化の場合には微生物を輸送する溶液が浸透しなかった場所では油分分解が行われないため、浄化のムラが避けられないという実例もある。当日の座長総括でも紹介させていただいた大同大学棚橋研究室での室内模擬地盤土槽実験から、油分分解と同時に副生成物が地盤間隙中に生成され、上記の浄化のムラを促進してしまう事例も見られる。

こうしたことも含め、今後はいくつかの定点モニタリングでの油分濃度の減少をもって結果的に成功、とするだけでなく、いかにすれば効率よく油分残留を減少させることができるのか、最適な浄化プロセスの設計・制御ができるような技術向上が求められると思われる。そのためには、とくに把握が難しい不飽和～毛管上昇帯にトラップされている油分の存在状況やその挙動特性を定量

的に理解・把握する必要がある。

油の移動解析2編は、まさにこうした点に着眼されたものであると言える。この2編は同一の研究チームによるもので、NAPLの飽和度が低く、水・空気の2相系に近い状態にある地盤中の飽和度分布を従来のモデルではほとんど表せないことに着目したものである。これは重要な指摘であり、当日の座長総括でもLenhard&Parkerモデルと地盤内飽和度分布の不整合問題を模式図によって整理させていただいた。これまでの3相系モデルは水～NAPL、NAPL～空気の2つの圧力差の式から現象を再現しようとしているものである。ところが同モデルではNAPLが十分に多い汚染部ではうまく説明できるが、薄い油膜あるいは油滴トラップでなるような、実地盤では面積的に最も多いところでの現象を説明できない。当該研究チームでは中間流体係数という要素を取り入れることで、この問題をクリアするユニークなアイデアを提案している。とくに2編目では、これまで流体間のサクシオンと各層の飽和度に一義的な関係を与えたため考慮されてこなかったヒステリシスに着目し、流入を規定する状態変数を新たに導入してこれを再現できるように拡張している。フロアから解析の信頼性に関する質問が複数あったが、まだこのテーマを始めたばかりということであったので、今後は検証実験とのすり合わせでのブラッシュアップに期待したい。

3. まとめ

本報告では座長が特に興味をもった現位置計測3編、油の移動解析2編について総括した。現在、油汚染の浄化技術・調査方法は様々提案され、好ましい成果が報告されつつある。民間企業が中心となって油汚染現場での油分「量」は多くの報告されるようになってきている。そんな中、今後の課題は「いかにして浄化ムラを低減させるか」、「いかに油分の地盤内挙動を正確に理解するか」であると思われる。これらは油分の「動き」に関することである。そのために必要な室内模擬実験・解析といった基礎的研究の報告例が、近年若干少ないように思われる。今後こうした取り組みが民間だけでなく大学などでも行われ、油汚染浄化の最適化にむけての知見の蓄積・技術開発が促進されることを期待したい。

8. 地盤環境 土壤汚染（不溶化，浄化，遮水）

大野 博之
(株)環境地質 技術部

1. はじめに

本報告では、土壤汚染（不溶化，浄化，遮水）のセッションについて総括する。本セッションでは、8編の研究成果の報告があった。

近年、有害物質を含む土壤を適正に処理・処分することが求められているが、最終処分場がひっ迫しているとも言われ、新たな最終処分場の設置も難しい状況も見られる。最終処分場への処分ができない場合には、有害物質を含む土壤を土質材料などとして有効に利用することも対処法の一つとなる。有効利用に際しては、材料等から有害物質が溶出しないようにすること（不溶化），材料等から有害物質を除去すること（浄化）が必要となる。一方、汚染された土壤から有害物質が外に移動しないようにすること（原位置封じ込めなど）が重要で、封じ込め等のためには遮水性が問題となる。

本セッションは土壤汚染の内、不溶化，浄化，遮水を取り上げたものである。

2. 研究及び技術動向

不溶化にあたっては、不溶化剤の効果やその効果の持続時間が課題である。不溶化処理した材料は、逆に周辺環境に影響があつては社会問題となる。例えば、不溶化処理されたスラグ材をある水路材に用いた場合に、写真のような白濁現象が起きることがある。こうしたことがないことが重要であり、不溶化処理後の耐久性や処理による別の影響を検討することが欠かせなくなってきた。また、処理材のコストや施工性との兼ね合いも重要で、その点の研究・技術開発も盛んに行われている。

砒素などの有害物質は、pHやEhなどの環境の違いで存在形態等も変化し、地下水中の溶質としての移動も複雑である。このため、周辺環境の違いにより溶出・吸着や不溶態形成の程度なども異なってくることとなり、この点の研究も重要である。

また、地盤の掘削時に生じる発生土（汚泥含む）の処理も重要な課題となってきた。リニア新幹線のルートの大半はトンネルであることなど、近年の施工では掘削時に有害物質が発生土に含まれる場合があり、これも適正に処理する必要がある。この処理の一つとして、鉄粉による発生土からの有害物質の除去が挙げられる。

一方、有害物質で汚染された地盤への対策も重要な課題と言える。原位置の封じ込め（遮水工・遮断工封じ込めを含む）もその一つである。この封じ込めは、原位置

に有害物質を貯留していることとなり、このため周辺地下水からの遮水性が重要である。対策工としてソイルベントナイトなどを用いた遮水壁の施工なども行われているため、その遮水性能の研究も進んできている。

ベントナイトなどの粘土の自己修復性は、最終処分場の設置においても検討されてきたことであり、廃棄物資源循環学会等との連携も必要な部分がある。また、当学会における封じ込めの研究・技術開発の成果は、逆に、廃棄物の不法投棄や不適正最終処分場の対策にも利用できることから、相互の情報交換と共に、今後のこうした技術の進展も強く望まれる。



写真 スラグ材による白濁現象の事例

3. まとめ

環境基準は、環境基本法第16条第1項に示されるように、「維持されることが望ましい基準」で、「人が一生涯にわたり毎日摂取しても危害を及ぼさない」値が設定されている。日本においては、砒素、鉛といった有害な物質も、火山ガス、温泉水、熱水や鉱物に多く含まれる一方、温泉法第2条第1項に示されるように、砒素やフッ素などを有する熱水を温泉と定義し、飲用できる温泉水にも砒素やフッ素が含まれることが多い。有害物質を含む土壤や水に対して、どのように対処していくのかが問われているともいえよう。

我々、地盤工学に携わる者は、こうしたことを踏まえつつ環境基準という目標を達成するために、日々努力を重ねている。こうした努力によって、生活環境は高度成長期に比較して大きく改善され、安心・安全な社会になってきている。コストや施工性などもにらみつつ、今後も、こうした努力を続けることが重要であろう。

8. 地盤環境 廃棄物処分（処分場、脱水処理）

棕木俊文

熊本大学大学院

1. はじめに

国土面積の問題上、陸上処分場を積極的に建設できない我国において、安全な海面処分場の建設とその技術向上は重要課題である。これに加え、平成23年3月に発生した東日本大震災により大量に発生した放射性セシウムで汚染された廃棄物の処理課題解決が急務な状態と言える。本セッションには、このような背景を念頭に置く研究者・技術者が特に集まった。本セッションの内容の一覧を表1に示す。本報告では、廃棄物処分（処分場、脱水処理）のセッションについて総括する。

表-1 本セッションの概要

内容	講演番号	キーワード
数値解析による海面処分場護岸構造の安定性を評価する研究成果	1042, 1043, 1044	廃棄物, 遮水工, 護岸, 遠心力模型実験, 振動台実験
海面処分場内部形成される廃棄物地盤層の押え盛土の安定性についての実験的検討	1045	廃棄物, 海面埋め立て, 片押し工法
海面処分場内に鋼管杭の打設が必要となった場合の粘土遮水層の性能評価に関する成果	1046	透水試験, 杭-粘土海面, 圧密降伏応力
海面処分場内に設置される集水暗渠の問題を対象とした保有水のpHの時系列挙動	1047	地下水調査, 廃棄物
脱水処理に関しては、放射性廃棄物を含む泥水の脱水・ろ過特性	1048, 1049	脱水, ろ過, 凝集剤泥水
ジオテキスタイル製のチューブを利用した袋詰脱水処理の事例	1050	袋詰脱水工法, ジオンセティックス, 震災復興

2. 研究及び技術動向

(1)数値解析による海面処分場の安定問題の評価

海面処分場は、大きく護岸工、遮水工、裏込め工、消波工に分けることができ、それぞれの部分において、静的・動的な安全率の確保が求められる。このような視点から、まず数値解析により、静的荷重が作用する場合の各工の変形解析の結果から海面処分場底部基礎の安定性の評価がなされている。次に、地震動や波浪による動的荷重による変形解析については、基礎地盤が液化化する

ことが支配的な挙動で、そのあとに各工の変形が進行すると予測されるが、数値解析ではその一連の解析手法の確立が今後の課題となっているようである。

(2)実験による海面処分場の安定問題の評価

静的荷重による実挙動を理解するために、解析対象となるケーソン周辺の挙動に焦点を当て、その遠心模型実験が行われていた。遠心場での挙動は、デジタルカメラにより撮影された画像によって評価可能である。近年、画像解析の進歩は目覚ましく、遠心模型土槽表面を精度よく撮影できれば、粒子挙動を追跡する粒子追跡速度計法（PTV法）によって遠心場の定量評価が可能である。動的荷重実験については港湾空港技術研究所で開発された世界最大の水中振動台実験装置を使った実験結果が紹介された。次に、水中での地盤の挙動を評価するために側面にアクリル板を使用した大型土槽を用いて、水中における盛土の安定性を評価する研究が紹介された。今後の模型実験結果の評価手法については、相似則を踏まえた評価方法の提案を期待したい。

海面処分場内における杭打設では、鋼材料貫入する面の粘土材料の遮水性を評価する必要があり、そのため杭貫入型透水実験法が新たに提案されてきている。従来の透水試験法では、境界条件の影響を受ける領域の評価は困難であることから、今後の試験法確立への展開に期待したい。カラム試験法については、不飽和帯の影響を議論するためにカラムの寸法を大きくした実験方法が提案されている。供試体寸法を増大させた試験は、もはや要素試験というよりも境界値問題を含む模型実験であり、得られる結果の適用については議論が必要と考える。

(3)脱水・ろ過特性に関する研究

過去5年間の地盤工学会全国大会では、脱水をキーワードとする発表は、1件程度でいずれも脱水させる汚泥の特性評価に焦点を絞ったものであり、脱水を促進させるための不織布の力学挙動に着目したものはなかった。世界的にみると、国際ジオシンセティックス学会では、脱水時に荷重に伴う大型不織布チューブの応力集中などが議論され、大量脱水工法について議論されている。この発想を利用した高含水比放射性廃棄物の減容化の効果について報告があった。

3. まとめ

解決が急務の問題への応戦と、将来発生しうる問題解決のための挑戦が要求されるのが地盤環境の研究分野である。今後も本分野の研究が発展することを期待する。

8. 地盤環境 廃棄物処分（ベントナイト，遮水材）

乾 徹

京都大学

1. はじめに

本報告では、地盤環境のうち廃棄物処分（ベントナイト，遮水材）のセッションを総括する。本セッションでは、廃棄物処分に適用される土質遮水材に関する9件の研究発表が行われた。廃棄物処分の土質遮水材とひとくちにいても、低レベル・高レベル放射性廃棄物の地層処分に適用される人工バリア，管理型最終処分場の底部遮水工，除染作業から発生する汚染土壌の中間貯蔵施設の遮水工，地盤汚染の原位置封じ込めに用いられる鉛直遮水壁など様々な用途で適用されている。したがって，要求される性能や施工性，検討の視点も様々ではあるが，今回の研究発表内容を概観すると，遮水材の基本的な機能である遮水性や強度変形特性の評価において，外的要因による変質を含めた長期的な遮水材の材料特性を考慮した研究発表，ならびに高品質な遮水壁を施工するための施工性に関して技術的な検討を行った研究発表が目立った。

2. 研究及び技術動向

9件の研究発表において対象とされた遮水材料は，ベントナイトもしくはベントナイト混合土が8件，セメント混合土が1件と，多くがベントナイトを対象としている。改めて述べるまでもないがベントナイトの特徴としては，含水量（飽和度）や間隙水の組成によって間隙構造や強度変形特性が大きく異なり，廃棄物処分という長期の時間スケールで考えると，これらの要因の影響によって大きく材料特性が変化することが挙げられる。今回の研究発表会では，アルカリによるベントナイトの変質に関する数理モデルの構築と応力状態や密度変化の解析，ベントナイト系材料の飽和度に着目した強度変形特性の変化に関する非排水三軸圧縮試験結果等の研究発表が複数行われた。ディスカッションにおいても指摘されたが，長期的な材料特性の変化を考慮した数理モデル，力学モデル等には多くの研究開発の余地があり，今後の更なる発展が期待される。

他に目立った研究・技術動向としては，前述した通り遮水材や遮水工の施工性に着目されたものが多いという点である。遮水工はその特徴として，構造体の中でわずかに箇所でも品質が確保できていない部分が存在するとその箇所から弱面となり，漏水が集中的に発生する。したがって，より精度の高い施工性確保や品質管理・保証が重要となる。今回の研究発表においても，鉛直遮水壁に適用されるセメント混合土の流動性や硬化遅延性の確保，ブロック型ベントナイト緩衝材の接合技術，粒状ベントナイトの新たな締固め技術とその効果の検証といった現場への適用性が高い技術の提案が多くみられた。

さらには，福島県の除染工事で発生する放射性セシウムを含む土壌の中間貯蔵に関して，ベントナイトの放射性セシウムの吸着に及ぼす土中水に含まれる共存イオンの影響について報告が行われた。本セッション以外でも同様のテーマで報告が行われていたが，除染工事で発生した土壌等の中間貯蔵施設の構造等の考え方は2013年12月に示されたばかりであるものの，中間貯蔵に関するタイムスケジュールを考慮すると喫緊の検討課題である。中間貯蔵施設自体は管理型処分場に関する技術的な知見が適用できる部分も多いが，覆土の遮水性能や放射性セシウムの吸着性，およびこれらの長期的性能についてはここ数年の大きな技術的課題になると考えられる。

3. まとめ

廃棄物処分に用いられる遮水材については，低透水性であることに起因して，室内試験技術や現場での品質管理・保証技術だけを見ても，多くの研究・技術開発課題が残されている。先述したように多様な用途で適用されていることを背景として，多くの機関で様々な考え方，手法に基づいて検討が行われている。本セッションのディスカッションも非常に活発であったが，地盤工学会において多くの機関の知見，研究及び技術上の課題を集約し，共通の課題について今後益々広く活発な議論が行われることを期待する。

8. 地盤環境 植物, 微生物, 環境修復

畠 俊 郎

富山県立大学

1. はじめに

本報告では、大会3日目午後Ⅱ(14:50~16:20)に開催された「8. 地盤環境 植物, 微生物, 環境修復」のセッションについて総括する。セッションタイトルにあるとおり、植物および微生物の持つ機能を環境修復やエネルギー回収等に应用する新しい技術に関する最新の知見が多数報告され、活発な議論が行われた。

2. 研究及び技術動向

全9編の発表は以下に示す通り大きく4つのカテゴリに分類することができた。

- ・薬用植物の栽培に適した土壌環境に関するもの
- ・土壌微生物を利用した発電に関するもの
- ・植物および土壌微生物を利用した除塩に関するもの
- ・環境修復および地盤強度増進に関するもの

薬用植物の栽培に適した土壌環境に関する発表では、乾燥地において薬用植物である「甘草」を定着させる技術を確認することで付加価値の高い砂漠緑化を実現することを目的として実施されている研究に関連したものであった。室内試験および現地栽培試験を実施し、地盤工学的見地および化学的見地から提案技術の有効性について検討されており、目標とする砂漠地の緑化に向けた技術開発が着実に進められているとの印象を受けた。

土壌微生物を対象とした発電に関しては、下水処理分野などで検討が進められている微生物燃料電池(MFC)を地盤内に応用することを目的として各種試験を行った結果に関する報告であった。微生物燃料電池は、有機物の分解時に発生する電子を利用した発電技術であり、嫌気条件で反応を進めることが可能であるとともに、最終的には土壌中の有機物を分解・減容化する効果も期待できる技術である。ただ、土壌そのものを利用した場合には有機物量が不足しているとのことで、土壌中への有機物の混入、稲などの植物栽培との組み合わせ、電極の配置方法など各種条件を変えた実験を行い最適な条件を探ろうとした実験内容に関する報告であった。しかしながら、現時点では得られる電力は微量であり、目標としている無電化地域における携帯電話の充電可能なレベルまでには至っていないとのことであった。

植物および土壌微生物を利用した除塩に関しては、低濃度かつ広範囲が塩害を受けた場合を対象とし、安価かつ容易に適用可能な新しい除塩技術として植物および微生物に着目した技術開発に関する報告であった。実験結

果からある条件を満たすことで除塩効果が期待できることが明らかにされていたが、除塩に適した植物種の選定や、植物の耐塩性向上に関する微生物の貢献度などについて未解明な点が多く、今後の検討において明らかにしていく必要があるとの印象を受けた。

環境修復および地盤強度増進に関する検討では、浚渫土の圧入工法に関する検討と、微生物固化処理土の中で脱窒反応に着目した技術に関する報告がなされた。以下、微生物固化処理に脱窒反応を応用する技術について紹介することとする。

3. 脱窒反応を利用した新しい微生物固化処理

近年、土壌微生物の代謝反応を利用して地盤の固化効果を得る微生物固化処理土に関する研究報告が増加している。土粒子間を膠結する物質として「炭酸カルシウム」に着目した研究が主流であり、有機物の好気・嫌氣的代謝により炭酸ガスを得るものや、窒素肥料として畑地で利用されている尿素的の加水分解により発生する炭酸ガスを利用する技術に着目した研究が多い。本セッションでは、新たな炭酸ガス供給源として環境基準の定められている硝酸・亜硝酸に着目し、脱窒反応による無害化と炭酸カルシウムの析出促進効果を同時に得る新しい技術の適用性について室内試験を行い得られた知見を報告するものであった。

尿素を利用した微生物固化処理土では、炭酸ガス獲得とともに生成されるアンモニウムイオンの硝化により生成される硝酸・亜硝酸による地下水汚染が懸念されている。

そのため、脱窒反応を利用して炭酸カルシウムを得ることができれば、従来技術よりも地盤環境負荷の小さい新しい技術としての展開が期待できる。しかしながら、炭酸カルシウムを得るまでに必要となる期間は尿素を用いた場合と比較して非常に長期であり、脱窒反応を工学的に促進する補助技術に関する検討が必要であるとの印象を受けた。

4. まとめ

本セッションでは活発な質疑応答・議論が行われ時間を超過ほどであった。全体を通じ、植物や微生物などを砂漠地の緑化や塩害対策等の環境修復や、無電源地域における農業振興とエネルギー確保等に应用する新しい技術に対する関心の高さと、若年技術者の積極的な取り組みによる将来への可能性を感じることができた。

8. 地盤環境 環境負荷, リサイクル材, 事例

渡 部 要 一

港湾空港技術研究所 地盤研究領域

1. はじめに

本報告では、地盤環境（環境負荷, リサイクル材, 事例）のセッションについて総括する。当セッションは、最終日の最終時間帯に割り当てられていたこともあって、30人ほどの参加者しかなかった。加えて、会場が585人収容の今大会で最大のホールだったこともあって、一見すると会場内は閑散とした雰囲気すら漂っていた。しかしながら、発表された9編の論文（論文番号1069～1077の）はいずれも内容が多岐にわたり、質疑も活発で、充実したセッションとなった。本セッションで発表された論文の一覧を表-1にまとめた。

表-1 本セッションで発表された論文一覧

1069 仮想評価法による河川生態系の経済価値の推定
1070 経済性と環境負荷を考慮した地盤構造物の設計例
1071 丸太打設5年経過後の丸太の健全性と土質
1072 生分解性樹脂コンクリートの劣化進度に関する一考察 —分子量および樹脂含有率の影響—
1073 生分解性樹脂コンクリートの曲げ強度特性に与える埋設土の影響
1074 廃棄物地盤の強度変形特性に及ぼす混入プラスチック片の影響
1075 浚渫土を用いた雑草抑制に関する試験とその一考察
1076 膨張性粘土を中詰め材に用いた土のう工法の実物大走行試験
1077 線路下横断工事におけるエコリチャージ工法の適用

2. 研究及び技術動向

1069と1070の発表は、経済性と環境負荷を考慮して環境の貨幣価値を定量化し、建設事業の意思決定に役立てることを目指した研究である。まだまだ研究を始めたばかりといった印象の内容ではあるが、従来は貨幣価値に変換することが難しかった環境要素に対し、アンケートに基づいた仮想評価法の導入を試みている。この種のアンケートには、質問方法などによりバイアスがかかりやすいことから、より客観的な評価手法の開発が期待されている。

1071の発表は、土中に打設された木杭の健全性について、現地試験ヤードでの観察結果をまとめたものである。地下水位以下の木杭が健全な状態にあることは従来から知られているが、地下水位よりも上の空気と触れる部分を設定しての長期観察は興味深い。今回の発表では、打設から5年間は健全であったとのことであるが、木杭が腐るまでにはさらに長期の観察が必要なのではないかと

も思われる。また、国内ではあまり使われない木杭であるが、東南アジアなどでは現在でも基礎工事に大量に使われており、海外にも目を向けると研究の価値がさらに高まるのではないだろうか。

1072と1073の発表では、生分解性樹脂コンクリートの劣化速度（生分解速度）に関するものである。工事終了後に不要となる仮設材として利用を想定しており、現場に残置可能な仮設用土木材料として期待される技術である。現在までのところ、初期の強度低下が速く、実用化にはまだまだ長い道のりがありそうであるが、強度をコントロールできれば理想的な仮設材となるであろう。

1074の発表は廃棄物地盤に混入したプラスチック片が強度特性に与える影響を調べたもので、プラスチックによる噛み合いや補強効果があると考えられている。実際の廃棄物は複雑な組成で不均質なことから、一般的な傾向を評価するのは難しいかも知れないが、本研究のように、模擬材料による結果によって定性的な傾向が十分に捉えられれば、廃棄物地盤の特性を解明する手がかりになるのではないだろうか。

1075の発表は浚渫土と関東ロームとの比較を通じて、浚渫土で雑草が生えにくい要因を考察し、非農耕地における雑草抑制のために浚渫土を積極的に活用できるのではないかと、といった視点からの研究である。

1076の発表はアフリカ東部に広がるブラックコットンソイルと呼ばれる高吸水性の土壌からなる未舗装道路において、雨期の劣悪な状況を安価で効果的に改修する方法として、土のう工法を提案するもので、試験施工箇所におけるダンプトラックの走行試験からその効果を確認している。経済状況、技術力、自然環境と調和した地域密着型の技術開発といえる。

1077の発表は都市部における地下構造物施工の際の地下水低下工法の一つとして、揚水井と復水井（加圧注水）を組み合わせて下水処理を不要とする工法で、実際の鉄道と道路の立体交差部における施工事例としてその有用性を示したものである。

3. まとめ

本セッションで扱われたテーマは多岐にわたることから、発表された研究の動向を一般性のあるかたちで取りまとめるのは難しい。しかし、いずれの研究も、従来の技術に囚われない新しい視点が導入された取り組みとなっていることは確かであり、これらの研究が新たな地盤工学分野を開拓していくことに期待したいと思う。

8. 地盤環境 地盤振動

北 勝利
東海大学 海洋学部

1. はじめに

本報告では、「8. 地盤環境 地盤振動」のセッションについて総括する。本セッションでは、交通や工事などに起因した環境振動の伝達性状評価や対策工などに関する8件の研究報告(1078~1085)が行われた。環境振動は振動源から構造物、地盤などを経て受信体に伝達するが、地震動と比較して、振動源が人工的で人の感覚的な側面が評価基準で重要となる。

2. 研究及び技術動向

2007年以降の地盤工学研究発表会において、環境振動や交通振動など関連のキーワードで検索該当した研究発表20件余について、内容・対象を対策工、振動予測・評価法の適用性、計測システム、振動・伝達性状の検討に4分類し、さらに振動の発生や伝達段階で分類した結果を図-1に示す(今回発表分については発表番号を記載)。本研究発表会では、振動対策工法開発に関し2件、振動および伝達性状評価に関するもの6件の研究発表があった。各研究における対象振動源と着眼点・パラメータを表-1に示す。

1078, 1079の研究は、地表面上に土嚢(おもり)を積み上げ、おもりの慣性効果により境界外への交通や工事振動の伝播を低減しようとする試みである。1078では、実験により振動低減効果の評価を行い、高周波域で低減効果が生じることを確認した。1079では、3次元差分法による実験結果のシミュレーションより振動低減効果を再現するとともに、おもり(土嚢部)重量と地盤剛性に関するパラメータスタディを実施している。振動減衰のメカニズムに関する質疑応答がなされた。一時的な振動軽減を目的とした簡易で経済的な対策工として、今後の設計手法確立と実用化が期待される。

1080の研究では、実車両走行試験を通じて、歩道部に設置した地中防振壁の交通振動低減効果の場所的分布について検討し、防振壁端部から内側への回り込み伝播や影響範囲などを確認した。1081の研究では、開削トンネルからの振動伝播性状についてFEM解析を行うとともに、それに及ぼすトンネル隅角部や埋戻し材剛性の影響について検討を加えている。隅角部形状による振動低減効果の差異について質疑応答があった。1082, 1083の研究は、共に高架鉄道からの振動伝播測定結果について報告している。1082は列車速度が振動性状に及ぼす影響に

ついて検討しており、構造物内や構造物と地盤間の振動伝達性状の影響に言及している。一方1083では、長期にわたり同時刻や同運行条件の列車走行による地盤振動を測定し、振動性状の日内および季節変動について検討するとともに、後者について地下水位変動との関連について報告している。

1084の研究は、軟弱地盤に位置する既存建物の解体から新規建築に至る工程を通じて敷地境界での地盤振動を計測し、重機作業種や工事位置ごとに整理検討したもので、重機作業による周辺環境振動予測のための貴重なデータを提供するものとして注目される。削孔拡底時の振動発生源に関する質疑応答があった。1085の研究では、重機稼働による地盤振動を計測、数値解析を通して重機や作業ごとの起振力特性を推定比較するとともに、重機作業場所の表層処理による振動低減効果について検討を加えている。

	対策工	予測・評価法	計測システム	振動・伝達性状
振動源 (交通、工事…)				列車速度(1082) 工事作業種 (1084, 1085)
構造物 (高架、路体…)	土のう積層体			トンネル構造 (1081) 水平振動・遠距離伝播
地盤	土のう積層体 (埋設)(地上: 1078, 1079) WIB 廃タイヤ 防振壁	軸対象FEM 3D-FEM 3D-FDM	無線センサIC タグ	透過・迂回 回り込み(1080) 埋戻し材(1081) 地層不整形 地下水位(1083)
構造物 (建物…)				基礎形式
人				

図-1 分類(2007年以降の地盤工学研究発表会発表より)

表-1 各発表の対象振動源と着眼点・パラメータ

No.	振動源	着目点・パラメータ
1078	車・工事	対策効果
1079	車・工事	対策効果
1080	車(地上)	対策効果
1081	鉄道(地下)	構造・地盤条件
1082	鉄道(高架)	速度
1083	鉄道(高架)	日内/季節変動
1084	工事	作業工程
1085	車・工事	作業・対策効果