

多機能盛土による放射性物質汚染土壌・廃棄物等の隔離・保管技術

北九州市立大学 国際環境工学部 エネルギー循環化学科
教授 伊藤 洋

1. はじめに

「多機能盛土」工法は、元々はトンネル掘削等で大量に発生する可能性がある自然由来の重金属汚染土壌(砒素、鉛など)の処理方法として、2008年頃より構想に着手し、基礎研究を経て2010年より北九州市内で実証実験を開始している。この多機能盛土はH型(Heavy metal)と称し、重金属汚染土壌を封じ込めつつ、微少の降雨浸透は許容して、盛土内部から溶出する重金属は特殊な吸着剤で捕捉し、更に底面からの浸出水は盛土外に設置した吸着槽で浄化して排水できる構造としている^{1),2)}。

こうした中で周知のように2011年3月11日に東日本大震災が発生し、福島第一原子力発電所事故により大量の放射性物質が広範囲に拡散することとなった。こうした放射性物質汚染土壌や廃棄物等は、除染等を行った後、速やかに、かつ安全に隔離・保管する必要がある。「多機能盛土H型」の基本機能はこうした汚染物質の“長期封じ込め”であるため、これをベースに改良を加え、高度化することで放射性物質に対しても十分対応できるとの発想に立って、「多機能盛土R型(Radioactive waste/soil)」の開発に着手した。「多機能盛土R型」は、放射性物質を長期間(50年程度を目標)封じ込めることを目標としているが、同時に有機物等を含む通常の土壌や廃棄物であることを踏まえ、(1)放射線の遮蔽ができること、(2)降雨浸透・蒸発濃縮が抑制できること、(3)セシウムの内部移動を抑制できること、(4)内部でのガス発生対策ができること、(5)施工が容易であり、二次廃棄物を最小限にできること、を可能とするデザインとし、各要素の具体的な研究・開発を進めている。

ここでは、「多機能盛土H型」の成果を踏まえつつ、「多機能盛土R型」についてその概略を紹介する。

2. 多機能盛土の概要と機能

多機能盛土R型の概要を図-1に示す³⁾。まず、盛土を形成する側壁はジオセル(高密度ポリエチレン製で広げると蜂の巣形状となる)を用い、その中に土砂を充填・転圧して傾斜角度をつけて階段状に積み上げる。その過程で盛土内に放射性物質汚染土壌/廃棄物等を充填し、その上下にはセシウムの吸着層を設け、最上部には通気性を有する降雨浸透抑制・ガス透過シートと砂利層を配置する。また、盛土全体を準好氣的雰囲気とするため底面には砂利等の通気層を設置する。使用する材料は、ジオセル、シート等の土木資材と土質材料(土砂、砂利等)のみで構成される。多少複雑な構造であっても施工は容易であり、短期間で構築することができる。こうした構造により降雨の浸透と蒸発を抑制し、盛土内部での水分の移動を大きく低減することができる。また、万一多少の放射性物質の移動が生じていても吸着層で移動速度を大きく抑制することができる。当然ながら、放射線は全方位で遮蔽することができる。加えて、汚染物質中に有機物等が含まれ、ガス(メタン、硫化水素など)が発生するような場合でも上部より拡散させることができ、盛土内を準好氣的雰囲気とすることからガス発生そのものもある程度抑制できる。

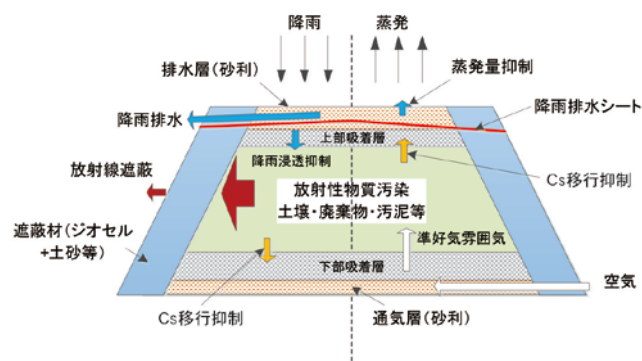


図-1 「多機能盛土(R型)」の概要

「多機能盛土R型」の特徴を整理すると以下のようになる。

- (1) 放射性セシウムを長期間“封じ込める”
 - 降雨浸透抑制・ガス透過シート、吸着層
- (2) 放射線を“遮蔽する”
 - ジオセル充填、上部に遮蔽型吸着層
- (3) “急速施工”
 - ジオセル積み上げ方式、土質材料のみを使用
- (4) “ガス抜き”
 - ガス透過性シート、下部通気層

3. 実験結果の例

上述の各機能については室内実験を中心に研究を進めており、総合的な機能評価については現在2ヶ所で実証実験を行っている。ここでは、継続中の実証実験について、その概略を紹介する。

まず、写真-1は重金属汚染土壌を対象とした「多機能盛土H型」の実証実験施設であり、北九州市エコタウン内の実証研究エリアで、震災前の2010年12月より実施している。ここでは、砒素と鉛を含有する鉱物を用いた人工的な汚染土壌を内部に封じ込め、多機能盛土による降雨浸透抑制効果と吸着剤（ここでは活性珪酸カルシウム基材+重金属吸着剤）による重金属浸出抑制効果を確認することを主な目的としている。



写真-1 「多機能盛土H型」の実証実験状況(左:全景, 右:天盤の豆砂利層)

図-2は、2010年12月から2012年2月の409日間での積算降雨量と多機能盛土H型(対策と称す)および比較のために設置した土壌充填槽(無対策と称す; 汚染物質の上下に土壌を充填)の底面からの浸出量の経時変化を示したものである⁴⁾。これを見ると、積

算降雨量が1698.7mmであるのに対し、無対策での浸出量は689.3mmとなっている。両者の差は蒸発量と内部に貯留された量と評価できる。一方、対策での浸出量は、38.0mmとなっており無対策のそれと比較すると約5.5%であり、94.5%の降雨浸透成分が盛土天盤の複合層により排水されたことになる。

図-3は、浸出水の砒素の積算量を対策と無対策で示したものである⁵⁾。無対策の浸出量は6.23mg/m²であるのに対し、対策では0.154mg/m²と約98%低減されている。

他方、蒸発成分による対象物質の上方移行・濃縮抑制効果については、最終的には盛土を解体して土壌分析を行って評価する予定(2012年中)であるが、写真-2に示した室内実験でその基本的効果は確認している⁶⁾。

結果として、多機能盛土に封じ込められた汚染物質の浸出は土壌充填層(無対策)に比較して、大きく低減されていることが確認できた。

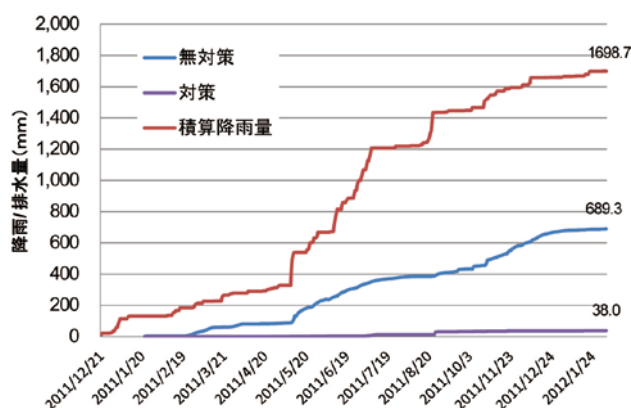


図-2 「多機能盛土H型」における積算降雨量と対策・無対策における積算浸出量

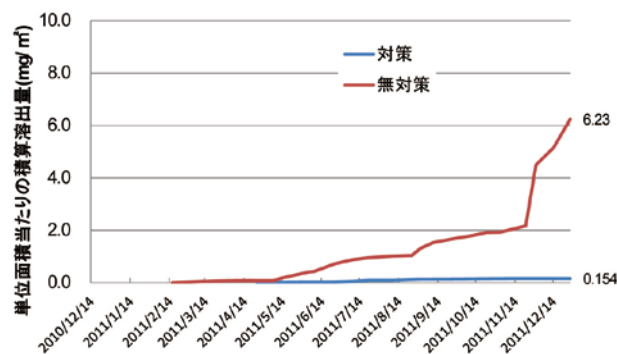


図-3 「多機能盛土H型」における砒素の積算溶出量



写真-2 蒸発移行抑制確認実験

つぎに、図-4は放射性物質汚染土壌/廃棄物等を対象とした「多機能盛土R型」の実証実験施設であり、2011年12月19日より福島県内で実施している⁷⁾。この実証実験では、約4.6万Bq/kgの汚泥(フレコンパックに充填された状態の表面の放射線量:8.50~14.6 μ Sv/h)を内部に封じ込めて、放射線の遮蔽効果を確認することを主な目的としている。写真-3は、盛土の施工状況を示したものである。

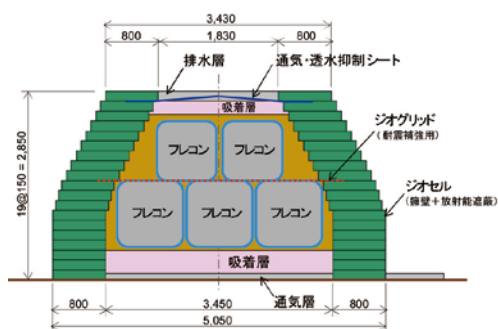


図-4 「多機能盛土R型」の実証実験状況(上:全景, 下:盛土断面)



写真-3 「多機能盛土R型」の施工状況(左:フレコン設置後ジオセル施工, 右:天盤施工)

この盛土によって遮蔽された放射線量の測定結果を図-5,6に示す³⁾。まず、図-5は、汚泥を充填したフレコンパックの表面を基準にして距離減衰の放射線量の測定結果を盛土の施工前後で示したものである。盛土施工後の放射線量は大きく低減し、盛土表面では0.4 μ Sv/h前後となり、フレコンパックの表面の値(14.0 μ Sv/h前後)と比較すると十分低下していることがわかる。低減可能な放射線量がバックグラウンド値(図中の破線)であるとする放射線量の遮蔽率は100%ということになる。つぎに、図-6は盛土周辺での放射線量の低減効果のイメージを測定結果に基づいて示したものである。盛土周辺の数十m範囲の放射線量は、敷地のバックグラウンドの値(BG:1.3 μ Sv/h, 平均で0.5 μ Sv/h)より低くなっている。これは、ある種のブラインド効果(盛土が地表面に存在する放射線源に対して影を形成する)によるものと考えられる。

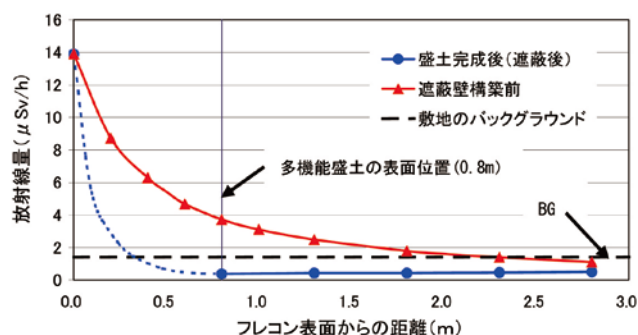


図-5 盛土による放射線遮蔽効果

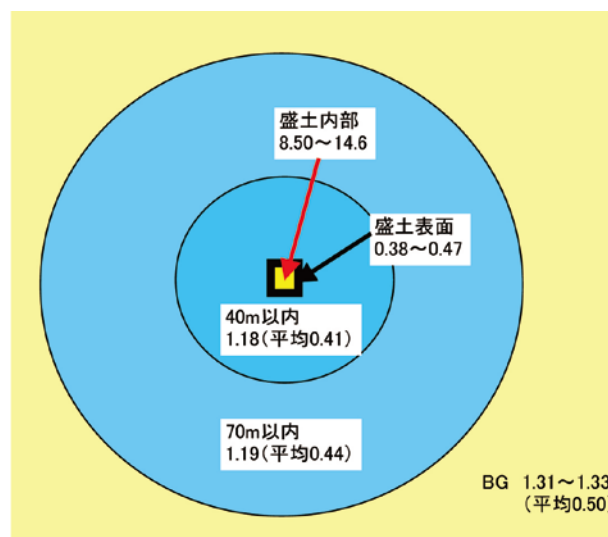


図-6 盛土周辺の放射線低減効果のイメージ

4. おわりに

福島第一原子力発電所事故によって発生した放射性物質汚染土壌/廃棄物の処理は、喫緊の課題である。既に開発中であった「多機能盛土H型」をベースに放射性物質汚染土壌/廃棄物の長期隔離・保管を実現できる「多機能盛土R型」の開発に着手し、短期間で実用化の目途をつけることができた。しかし、被災地の現場のニーズは多様であり、十分に対応できているわけではなく、今後より進んだ研究開発を行う必要があると考えている。加えて、盛土内でのセシウムの移行メカニズムやリサイクル材料等を適用した放射線遮蔽充填材料の開発、硫化水素などの有害なガス発生に対する対策、盛土上面の有効利用などの研究にも近々に着手する予定である。

【参考文献】

- 1) 大石徹・伊藤洋・門上希和夫・鈴木和義(2010):新しい盛土構造による重金属汚染土壌浄化に関する基礎実験,第16回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.338-341.
- 2) 大石徹・伊藤洋・門上希和夫・鈴木和義(2012):新しい盛土構造を想定した重金属汚染土壌浄化に関する基礎実験,土壌環境センター技術ニュース, No.19, pp.1-9.
- 3) 松山秀明・伊藤洋ほか(2012):多機能盛土による放射性物質汚染汚泥の放射線遮蔽実証実験(I),第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.317-322.
- 4) 安藤彰宣・伊藤洋・大石徹・松尾俊和(2012):多機能盛土による降雨浸透抑制に関する実証実験,第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.313-316.
- 5) 大石徹・伊藤洋・門上希和夫・安藤彰宣(2012):多機能盛土による重金属浸出抑制効果に関する実証実験,第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.32-36.
- 6) 高石万理・伊藤洋・大石徹・安藤彰宣・門上希和夫(2011):蒸発過程における重金属移行抑制に関する基礎実験,第17回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.14-17.
- 7) 読売新聞夕刊全国(福岡・北九州1面記事), 2012年2月23日



伊藤 洋
Yo Itou

■ プロフィール

役 職／教授

学 位／工学博士

学位授与機関／北海道大学

研究分野・専門／1.放射性廃棄物工学

2.土壌汚染浄化

3.地圏環境工学

主要研究テーマ／1.「多機能盛土」の開発(放射性物質、重金属)

2.有機酸による重金属汚染土壌浄化

3.二酸化炭素地中貯留における

CO₂漏えいモニタリング

P R ・ そ の 他／これまで、民間企業や大学ベンチャーなどにおいて、原子力発電所の設計・研究、コンクリート構造物の水密性・耐久性、放射性廃棄物地中処分、大規模地下構造物の環境影響評価、最終処分場管理技術、広域水循環・水環境評価、土壌汚染浄化プラントの開発などに係わり、環境関連の研究のみならず実務にも多くの経験と実績があります。企業との共同研究、実務コンサルからビジネスサポートまで幅広く対応できます。
資格：技術士(総合技術監理、建設)、第2種放射線取扱主任者ほか
委員(廃棄物関連のみ)：鹿児島県産業廃棄物専門委員会委員、福島県除染モデル実験アドバイザー、災害廃棄物の受け入れに関する検討会委員(北九州市)、「多機能盛土研究会」会長など

■ 連絡先

〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1番1号
北九州市立大学 国際環境工学部 エネルギー循環化学科
TEL 093-695-3253 FAX 093-695-3379
E-mail yito@kitakyu-u.ac.jp