

東日本大震災における津波堆積物からの溶出水調査

1114204 五十嵐大地

1114209 大友 由亮

1. はじめに

2011年に起きた東日本大震災では大量の瓦礫が発生した。宮城県と岩手県の両県合わせて、約2000万tであり、これは平年の量と比較すると岩手県の11年分で宮城県では19年分と言われている。宮城県は最も多いおよそ1570万tである。名取市内の津波堆積物から得られた分級土を盛土材として利用した場合、その施工性、盛土としての性能、環境安全性を実証するために、盛土現場試験が実施された。この分級土に製鋼スラグを改良材として混合することにより性質が改善されることが期待できるので、製鋼スラグの有効利用の観点から、この分級土に製鋼スラグを加えた混合材料についても、同様の試験が実施された¹⁾。

本研究では、これらの盛土材の利用に際しての性能や環境の安全性を確認する一環として、これらの盛土材から浸出する溶液の性質についてカラム実験を行って検討した。

2. 盛土の評価基準について

一般に宅地盛土材料として用いる場合、土懸濁液実験でpHは6以上9以下、宅地盛土材料としてECは200mS/m以下で用いることができる²⁾。しかし石灰・セメント系の固化材を用いて安定処理を行った改良土はpHが11～12程度のアルカリ性になるが、コンクリートなどは安定処理した地盤でも問題はないとされている²⁾。そのために盛土材料を石灰・セメント系の固化材を用いて安定処理を行うときはpHを規定しないとされている²⁾。またECは200mS/m以下におさめなければならない³⁾。

また、土壤汚染対策法で定められた土壤環境基準があり、これらの盛土材について溶出試験を行ったところ、第二種特定有害物質(重金属等)についての土壤溶出量基準を満たしていることが確かめられている¹⁾。

3. 盛土現場試験

盛土現場試験は宮城県山元町の中浜小学校跡地のグラウンドで平成26年3月から実施された。盛土現場試験の概況について、名取市内の津波堆積物を分級したもの(分級土と呼ぶ)を図1に、この分級土に製鋼スラグを乾燥密度比6:4の割合で混合したもの(スラグ混合土と呼ぶ)を図2に示す。盛土の厚さはそれぞれ90cmであった。

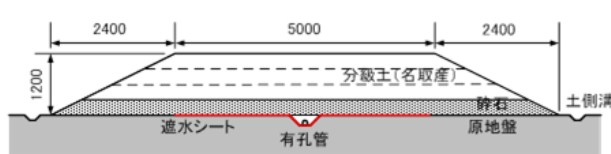


図1 分級土の盛土¹⁾

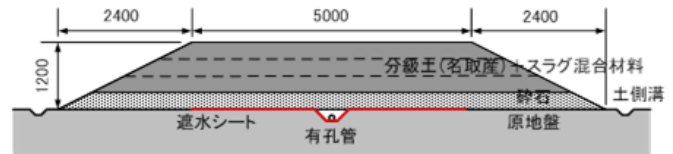


図2 スラグ混合土の盛土¹⁾

4. 試料の採取

これらの盛土に雨水が浸透した場合に、どのような水質の溶液が流出するのかを調査するためにカラム実験を行った。そのために、盛土の土壌を、層序を乱さないようにカラムに採取すると共に、土壌の性質を知るための分析を行うために10cm毎に土壌のサンプルリングを行った。これらの作業は、平成26年9月初旬に行われた。

キーワード：東日本大震災、津波堆積物、製鋼スラグ、土懸濁水、カラム実験、海水

NO.2-8(中山研究室)

5. 実験概要

(1) 土懸濁水実験

10 cm毎に試験盛土から採取した土壌サンプルについて pH、EC を測定した。試料の含水比をあらかじめ測定しておき、粒径 10mm 以上の土粒径をピンセットで取り除く。試験は 2 回分の試料を準備して行う。試料をビーカーに入れ、土の炉乾燥試料の質量に対して 5 倍量の水を加える。試料を攪拌棒で懸濁させ、30 分以上、3 時間以内に静置したものを試料液として pH、EC を測定した⁴⁾。

(2) カラム実験

盛土現場から層を乱さないようにカラムに採取したものから流出する水の性質を調べるためにカラム実験を行った。この実験はこの土を盛土として使用した際に雨水が浸透し流出した流出水の性質を調べることを目的としている。

本実験には、内径 10cm、全長 90cm のカラムを 2 本用いた(写真 1)。土壌をカラムに採取したが、カラムの下端の隙間の部分には、洗った砂で隙間ができないようにした。左のカラム装置は分級土の盛土を原型のまま採取したもので、土 75 cm + 砂 12 cm (1.824 kg) である。右のカラム装置はスラグ混合土の盛土を原型のまま採取したもので、土 78 cm + 砂 9 cm (1.3 kg) である。また、本実験は 20℃ の室内で行われた。

カラム実験は 2 週間に 1 回、次の手順で行った。流出コックを閉めてから三角フラスコをセットし蒸留水を、流入タンクから流出するぎりぎりの水位まで注入する。さらに、宮城県の降水量(約 1200mm)に相当する 360ml を注入する⁵⁾。カラム下端の流出コックを開けて流出させ、流入タンクから流出が完了したことを確認したら(3 日後)、流出コックを閉める。その後、水質分析を行い冷蔵庫に保管した。

また、6 週目におけるカラム流出水の流出量の経時変化も調べた。

6. 実験結果と考察

(1) 土懸濁水実験

a) 土懸濁水実験の pH

分級土の pH の平均は 7.9 でスラグ混合土の pH の平均は 10.7 であった(図 3)。この結果、分級土とスラグ混合土は共にアルカリ性であった。製鋼スラグは 10~12 という高アルカリ性を示すことが知られており、このことからスラグ混合土は高アルカリ性を示すものと考えられる⁶⁾。

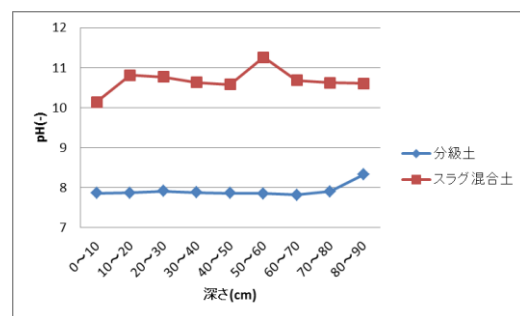


図 3 pH の変化(土懸濁水)

b) 土懸濁水実験の EC(電気伝導率)

分級土は 60~70cm までは深くなるにつれて値は高くなったがそれより深くなると減少した(図 4)。スラグ混合土はほぼ一定の値(平均値 61.4mS/m)となった。

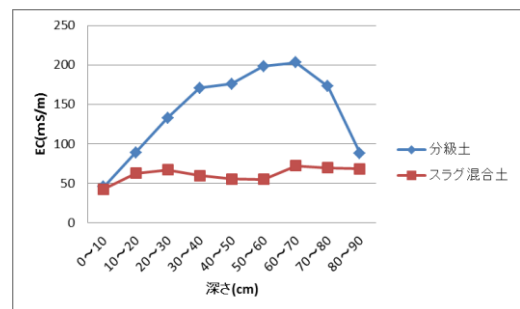


図 4 EC の変化(土懸濁水)

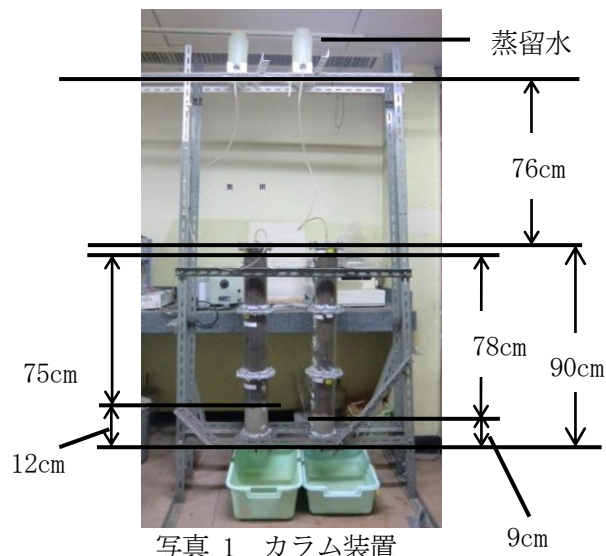
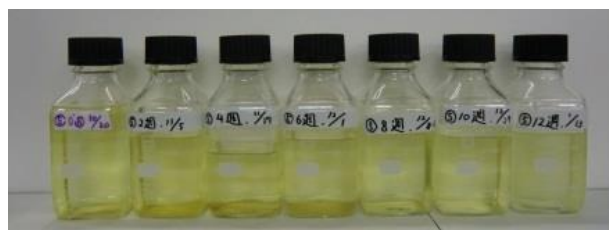


写真 1 カラム装置



0 2 4 6 8 10 12

(週)

写真 2 分級土の流出水



0 2 4 6 8 10 12

(週)

写真 3 スラグ混合土の流出水

(2) カラム実験

a) カラムの流出量

流出水量の変化を図5に示す。流出量は2週目から、注入した360ml とほぼ等しい水量が流出した。0週目の分級土についてはカラムに水漏れがないか、また土壤に浸透するかを確認するために、予備的に500ml 程度の水を流したことが原因で流出量が多くなっている。0週目のスラグ混合土はこの操作を行わなかったために流出しなかったと考えられる。このことから流入した分は流出しているといえる。流出水を写真2、3に示す。分級土の流出水の色は薄くなっていき、スラグ混合土は逆に濃くなっていった。

b) カラムの流出量の経時変化

カラムに水を流入させてから、流出水の流出状況を知るために、流出水量の経時変化を測定した。流出量の変化は分級土、スラグ混合土、共に0～8時間の間に約250mlの流出量が見られ、初めに多く流出することがわかる。その後は1時間に約1～2ml増加し72時間後(3日後)には流入量と等しい360mlが流出することが分かった。

c) カラム実験のpH

分級土のpHの平均は8.0でスラグ混合土のpHの平均は7.7であった(図7)。このことから分級土とスラグ混合土は共にアルカリ性である。分級土は土懸濁水実験で得られた値(pH7.9)とほぼ同じ値を示した。

津波堆積物には海水が含まれている。海水は一般にpHが約8.1と言われている⁷⁾。分級土についてはこれに近い値となった。

d) カラム実験のEC(電気伝導率)

分級土とスラグ混合土、共に実験スタート時の高い値から週が経つにつれて減少傾向が見られた(図8)。土懸濁水実験と同様に分級土の値が高く、スラグ混合土は低い値となった。

時間と共に減少する原因は、水を流すにつれてイオンが流れ出たことが原因と考えられる。今後も実験を継続することでさらに減少するものと考えられる。

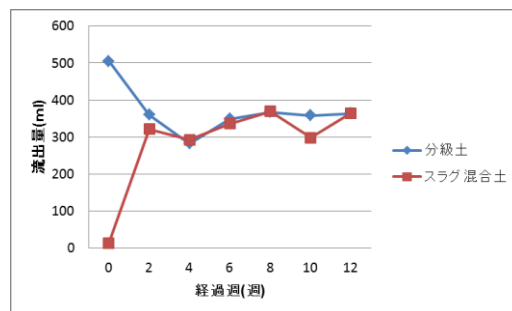


図5 流出量の変化(カラム)

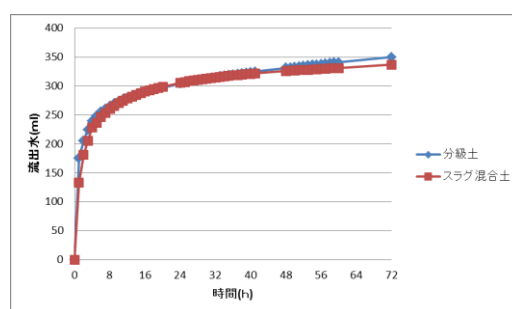


図6 流出量の経時変化(カラム) (6週目)

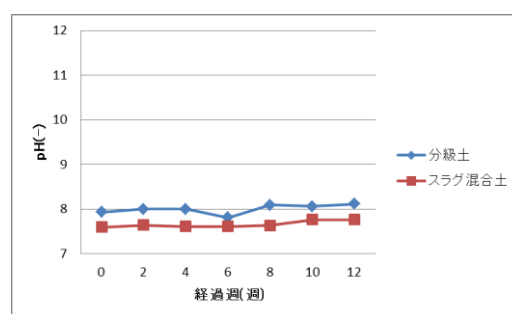


図7 pHの変化(カラム)

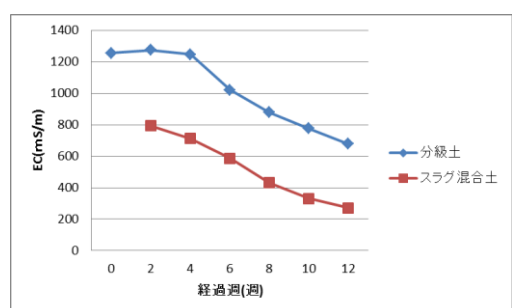


図8 ECの変化(カラム)

7. 土懸濁水実験とカラム実験との比較

カラム実験と土懸濁水実験の結果を pH について比較すると、分級土についてはほぼ同じ値を示した。スラグ混合土の pH は製鋼スラグが高アルカリ性⁶⁾であるために土懸濁水では高アルカリ性のままであったが、カラム流出水では、土が有しているイオン交換などによって発揮される中和能力により高いアルカリ性でも、それがカラムの土中を通る間に中和されることでアルカリ性を抑えることができたと考えられる⁸⁾。

EC については、分級土とスラグ混合土、共に土懸濁水実験で低い値を示した。土懸濁水実験では、土の量に対して5倍量の水を加えた懸濁水についてのECを測定していることからカラム管の土中を通る溶出水よりも低い値になると考えられる。これはカラムで時間をかけて流出したことでイオンが多く流出する結果、高い値となったと考えられる。また、どちらの実験でもスラグ混合土より分級土の方が高い値になった。

8. 盛土としての性能と環境安全性

土懸濁水実験の基準値では pH6 以上 9 以下²⁾であるが、スラグ混合土は、この基準を満たすことができなかった。しかし、石灰・セメント系の固化材を用いる場合の基準を適用すると pH は規定されない。また EC は 200mS/m 以下でなければならないがこれも満たしている。よって土懸濁水実験の基準は全て満たされているので pH、EC についての性能と環境安全性に問題はないと思われる²⁾。

土壤汚染対策法で定められた土壤環境基準についての溶出試験は、土の質量に対して、その 10 倍量の水を加え、6 時間振とう攪拌した溶液について測定することになっている。このカラム実験で得られた流出水についても重金属の同様の項目について分析を行い、比較することになっている。

〈謝辞〉

本実験を遂行するにあたり、ご指導ご協力を頂きました今西肇教授、堀田昭義助手、そして岩手大学の大河原正文先生に感謝いたします。また、含水比のデータを提供して頂きました 4 年松田康暉君に感謝いたします。

〈参考文献〉

- 1) 公益社団法人地盤工学会東北支部 東日本大震災における廃棄物資源循環のための研究委員会 鉄鋼スラグ有効利活用小委員会：東日本大震災により発生した津波堆積土等の現地発生土に鉄鋼スラグを混合した改良土について、その物流特性、力学特性、環境性能、土構造物としての性能を評価し復興資材に利活用する際の課題を抽出する研究業務報告書：2014 年 3 月
- 2) 国土交通省 都市局 都市安全課：迅速な復旧・復興に資する再生資材の宅地造成盛土への活用に向けた基本的考え方：平成 24 年 3 月：<http://www.mlit.go.jp/common/000208618.pdf> (閲覧日 1 月 22 日)
- 3) 公益社団法人 地盤工学会：災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン：一般社団法人 泥土リサイクル協会：2014 年 10 月初版 第 1 刷発行
- 4) 社団法人 地盤工学会：土質試験－基本と手引き－(第二回改訂版)：丸善株式会社出版事業部：平成 22 年 3 月 2 日
- 5) 羽田大士、高宮和剛：カラム実験による土壤に浸透した浸出水の挙動に関する研究：東北工業大学卒業論文：平成 20 年度
- 6) 鉄鋼スラグ協会：製鋼スラグの化学的特性：<http://www.slg.jp/slag/character.html> (閲覧日 1 月 20 日)
- 7) 気象庁：海洋酸性化とは：
http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/mar_env/knowledge/oa/acidification.html (閲覧日 1 月 20 日)
- 8) 土木学会西部支部研究発表会：試験条件の違いが土のアルカリ中和能力に及ぼす影響について：
<http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00074/2008/52-03-0012.pdf> (閲覧日 1 月 20 日)