

水銀汚染土壌の掘削作業時における水銀蒸気濃度の測定事例

(株) 竹中工務店 正会員 ○奥田 信康, 舟川 将史, 藤崎 幸市郎

1. 目的

土壌汚染対策法（以下、法と称す）で土壌の汚染状況を判断する基準は、土壌含有量基準および土壌溶出量基準であり、土壌から有害物質の揮発に関する基準は定められていない。本稿で対象とする水銀は、第2種特定有害物質(金属類等)に分類される有害物質の中で揮発性が高くかつ毒性の高い物質である。これら揮発性の高い汚染物質に対しては、掘削・運搬作業での揮発性および環境への放出可能性を評価し、揮発量を抑制すると共に作業環境の安全性を確保する必要がある。しかし、土壌対策時の水銀蒸気の揮発に関する報告は多くはない。そこで本稿では、水銀汚染土壌の対策において事前に土壌からの水銀揮発特性を検討し、その結果を踏まえて対応した掘削作業時における水銀蒸気濃度の測定結果について報告する。

2. 室内実験

2.1 実験方法

対象エリアから採取した2種類の水銀汚染土壌（砂質土、土壌含有量 100 mg/kg・土壌溶出量 0.041 mg/L・含水比 13.1%、土壌含有量 230 mg/kg・土壌溶出量 0.17 mg/L・含水比 9.9%）を用い、図-1に示す直径 10 cm、高さ 30 cm の塩ビ製カラムに水銀汚染土壌（湿重量 850 g、高さ 8.5 cm、空隙部体積 1,688 cm³）を充填し、密閉・通気条件での水銀蒸気濃度を水銀ガスモニター（EMP-1A、日本インスツルメンツ製）にて測定した¹⁾。温度条件は 17℃および 30℃の2条件とした。密閉条件では一定温度で 12 時間以上静置した後の水銀蒸気濃度を測定し、通気条件ではエアポンプを用いて 1.0 L/min にて 60 分間吸引後した後の水銀蒸気濃度を測定した。

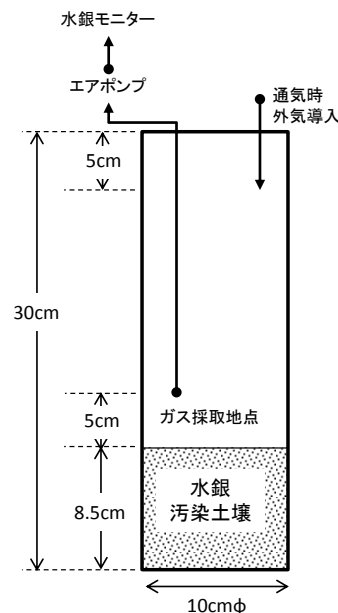


図-1 カラム試験方法

2.2 実験結果

実験結果を表-1に示す。密閉条件および通気条件ではいずれも土壌含有量・温度が増加すると水銀蒸気濃度が上昇した。特に温度の影響は大きく、水銀含有量 100 mg/kg では、密閉条件で 30℃は 17℃の 250 倍、通気条件では 30℃は 17℃の 24 倍の水銀蒸気濃度となった。また、密閉条件と通気条件を比較すると、密閉条件での水銀蒸気濃度は通気条件に比べて 17℃では 10 倍、30℃では 100 倍大きい値となった。

表-1 カラム試験結果

測定状態	土壌含有量 (mg/kg)	水銀蒸気濃度 (mg/m ³)	
		17℃	30℃
密閉条件	100	0.01	2.5
	230	1.5	5 以上
通気条件	100	0.001	0.024
	230	0.01	5 以上

表-2 水銀蒸気のモニタリング内容

モニタリング内容	目的
(1) 掘削作業区画の水銀蒸気濃度	作業開始時及び作業実施中の作業環境中(区画内)の水銀蒸気の管理
(2) 掘削底面からの高さ毎の水銀蒸気濃度	水銀汚染土壌直上の鉛直方向の水銀蒸気濃度の濃度分布の確認 散水による汚染土壌からの水銀蒸気の揮発抑制効果の確認
(3) 掘削・フレコン詰め込み作業中の水銀蒸気濃度の経時変化	掘削・フレコン詰め込み作業時の水銀蒸気濃度の増加程度や減衰に係る時間等の確認
(4) フレコンからの水銀蒸気の拡散	水銀汚染土壌をフレコン養生とした場合の水銀蒸気の揮発抑制効果の確認

※水銀蒸気濃度を評価するにあたり、屋外作業等における作業環境管理に関するガイドライン(平成24年度改訂、厚生労働省)を参考に25 μg/m³と設定した

3. 掘削時の測定

3.1 水銀蒸気のモニタリング内容

水銀汚染土壌の対策工事での掘削作業時の水銀蒸気濃度のモニタリング内容²⁾を表-2に示す。なお、水銀蒸気濃度の測定には作業環境用水銀ガスサーベイメーター（EMP-2、日本インスツルメンツ製）を使用した。また、掘削作業期間中に作業エリア境界 4 か所にて、計 3 回の大気モニタリングを実施した。

キーワード 水銀, 蒸気濃度, 温度影響, 作業環境保全

連絡先 〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 (株) 竹中工務店 技術研究所 TEL 0476-77-1265

3.2 水銀蒸気モニタリング結果

1) 掘削作業区画の水銀蒸気濃度(図-2)

測定結果を図-2に示す。掘削作業時期は冬季であり、日中の気温は8.0~13℃であった。作業開始前及び掘削作業中のいずれの測定においても、水銀汚染区画内(高さ1.5m)の水銀蒸気濃度は最大値・平均値ともに管理値未滿を維持した。

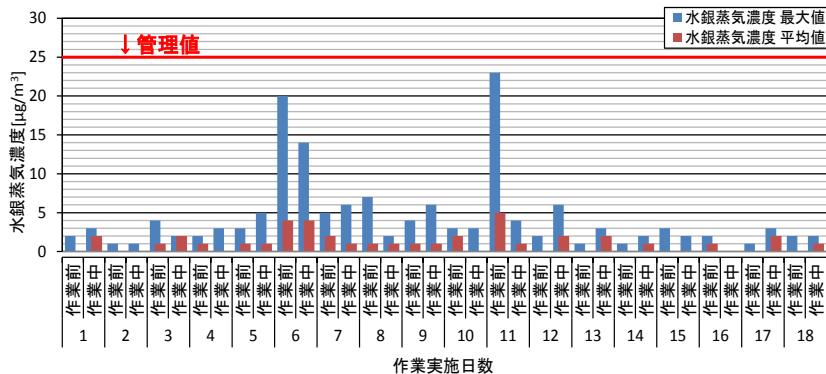
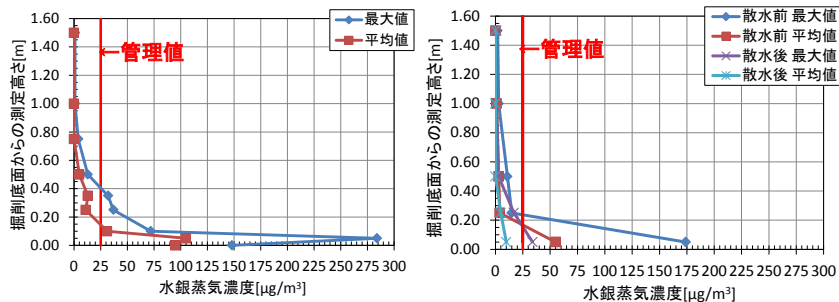


図-2 掘削作業区画の水銀蒸気濃度の測定結果

2) 鉛直方向の水銀蒸気濃度分布(図-3)

底面の土壌含有量230 mg/kgでは高さ0.1mにて平均値105 µg/m³・最大値284 µg/m³と管理値を超過する濃度であったが、高度が上になるほど水銀蒸気濃度が減衰し、高さ0.5mで管理値以下、高さ1.0m以上では1 µg/m³以下(測定下限値以下)であった。



(1)底面の土壌含有量 230 mg/kg

(2)底面の土壌含有量 100 mg/kg

図-3 掘削底面からの鉛直方向の水銀蒸気濃度

底面の土壌含有量100 mg/kgでも同様の傾向が認められたが、濃度は230 mg/kgよりも低く、高さ0.25mで管理値以下となった。

また、表面に散水すると水銀蒸気濃度が散水前の約1/5程度に減衰することが確認できた。

3) 掘削・フレコン詰め込み作業中の水銀蒸気濃度の経時変化

汚染土壌のフレコン詰め込み作業時の水銀蒸気濃度は、近傍(フレコン袋直近・高さ1.5m)では1~41 µg/m³と管理値を超過する状態も認められたが、フレコンへの土壌投入作業が終了すると数秒後には大幅に低減した。また、フレコンへの土壌投入時でも水平方向に1m離れ、高さ1.5mの地点では1~6 µg/m³程度であった。

4) フレコンからの水銀の揮発状況の確認

水銀汚染土壌を充填したPE製フレコン内外の水銀蒸気濃度を測定した結果、内側では35~540 µg/m³であったが、外側(フレコン表面)では2~6 µg/m³と管理値を大幅に下回り、安全に保管できていることを確認した。

5) 周辺環境モニタリング結果

工事エリア敷地境界部での大気水銀蒸気濃度は、作業期間中3回全て測定下限値未滿(0.004 µg/m³未滿)であった。

4. まとめ

- ・ 室内実験で温度を17℃から30℃に上昇させると、水銀汚染土壌からの揮発量が大幅に増加することを確認した。
- ・ 冬季での掘削作業中の水銀蒸気濃度を連続測定し、全作業期間において管理値(作業環境基準相当値)未滿を維持したことを確認した。ただし、鉛直方向の濃度分布を詳細に測定したところ、掘削面近傍は管理値を超えていたが、上方に行くと濃度が減衰し、高さ0.5m以上では全て管理値以下となっている状況が確認できた。また、土壌表面に散水すると水銀蒸気濃度が約1/5に低減された。
- ・ フレコンへの土壌充填作業時に、直近作業では瞬間的に管理値を超過する状況が確認された。
- ・ 水銀汚染土壌を充填するフレコンは投入口をきちんと閉めることで水銀蒸気の拡散を大幅に抑制できた。
- ・ 掘削作業期間中の大気モニタリングでは、大気水銀蒸気濃度は全て不検出(0.004 µg/m³未滿)であった。

参考文献

- 1) 奥田信康・舟川将史(2015):水銀汚染土壌対策における水銀蒸気濃度管理方法の検討,第21回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会
- 2) 舟川将史・藤崎幸市郎・松川健治・奥田信康(2015):水銀汚染土壌の掘削作業時の水銀蒸気モニタリング事例,第21回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会