

(S2-18) 土壌ガス捕集バッグの再使用に係る洗浄方法についての検証

○笹田直己・田中保孝
地盤環境エンジニアリング株式会社

1. はじめに

土壌ガス調査で使用する捕集バッグは、一度使用した捕集バッグであっても分析の妨害となる物質を除去した後（洗浄した後）に、再使用することが認められている。土壌汚染対策法に基づく調査および措置に関するガイドライン¹⁾では、清浄乾燥空気等を満たし、赤外線ランプで40℃程度に加熱して、空気の排出を数回繰り返す洗浄方法が一例として記載されているが、現場で行える簡易な洗浄方法とは言い難い。

そこで、現場で簡易に行える洗浄方法として、スリーブが2個ついた両口スリーブの捕集バッグを使用し、スリーブを両方とも解放して、エアポンプで空気を送る通気洗浄を試みた。本稿ではこの洗浄方法での洗浄時間および、再使用できる対象物質濃度の上限値について検証することとした。

2. 洗浄試験の概要

2.1 使用した捕集バッグ

土壌ガス調査で一般的に使用されてきたフッ化ビニル製の捕集バッグは、フィルム素材の不足により、メーカーからの入手が困難になっており、今後は別の素材の捕集バッグを使用する必要がある。

本稿では、フッ化ビニル製の捕集バッグの代替品としてビニルアルコール系ポリマーフィルム製の捕集バッグ（以下、捕集バッグ）について、洗浄試験を行うこととした（図-1参照）。捕集バッグの容量は1Lで、2カ所に採取口のついた両口スリーブタイプとした。



図-1 ビニルアルコール系ポリマーフィルム製捕集バッグ

2.2 使用資機材および模擬汚染ガスの作成方法

本試験には表-1 に示す機材を用いた。模擬汚染ガスは第一種特定有害物質（以下、VOCs）の混合標準ガス（各物質 10 volppm、ベンゼン 5 volppm）を希釈し、各物質の濃度が 1 volppm、2 volppm となるよう調整して、濃度の異なる 2 種類の模擬汚染ガスを作成した。模擬汚染ガスの作成方法は次の手順で行った。

- ①捕集バッグを2枚用意し、1枚の捕集バッグに標準ガスを充填する。
- ②テフロンチューブを使用し、もう1枚の空の捕集バッグと繋いで、標準ガスを全て移動させる。捕集バッグ全体にガスを送るため、この作業を2回繰り返す。
- ③標準ガスを2枚の捕集バッグに均等になるように分け、気密容器にセットする。気密容器を減圧し捕集バッグに外気を充填し、捕集バッグ内の標準ガス濃度を50パーセントに希釈する。

表-1 使用資機材一覧

混合標準ガス VOCs	VOCs 総量 115 volppm (各物質 10 volppm、ベンゼンは 5 volppm)
捕集バッグ	ビニルアルコール系ポリマーフィルム製 容量 1L、両口スリーブタイプ
テフロンチューブ	内径φ2.0 mm、外径φ3.0 mm、長さ 1.5 m
洗浄用エアポンプ	吐出量 6L/min(3L/min×2)、吐出口 2カ所

- ④さらに同様の方法で希釈を繰り返し、各物質が 2 volppm、1 volppm 程度になるように調整する。
- ⑤模擬汚染ガスの VOCs 各物質の濃度を確認する目的で、捕集バッグ毎に初期濃度を測定する。

Verification of the cleaning procedure for soil gas sampling bags

Naoki Sasada, Yasutaka Tanaka (Geo-Environment Engineering)

連絡先：〒114-0023 東京都北区滝野川 5-7-7-204 地盤環境エンジニアリング株式会社

TEL 03-5394-7230 FAX 03-5394-0540 E-mail n.sasada@jkeng.co.jp

2.3 捕集バッグの洗浄方法

捕集バッグの洗浄には観賞魚用のエアープンプを使用した。ポンプの吐出口は2カ所で、1カ所あたりの吐出量は約3 L/minである。洗浄方法は捕集バッグの両ロスリーブを解放し、片方にシリコンチューブでエアープンプを接続し室内の空気を通気して、排気は室外へ排出した。洗浄時間は現地分析の1検体あたりの分析サイクルから、本試験では20分間とし、洗浄中は10分毎に1回バッグ内の空気を押し出して、強制的に空気の入れ替えを行った。

なお、洗浄時の温度条件に差が出ないように、エアープンプは室内に置き、通気・洗浄したガスは室外へ排出した(図-2参照)。洗浄時の室温は19.3℃~22.8℃であった。室内の空気はあらかじめGC-PIDで測定し、VOCsが検出されないことを確認した。

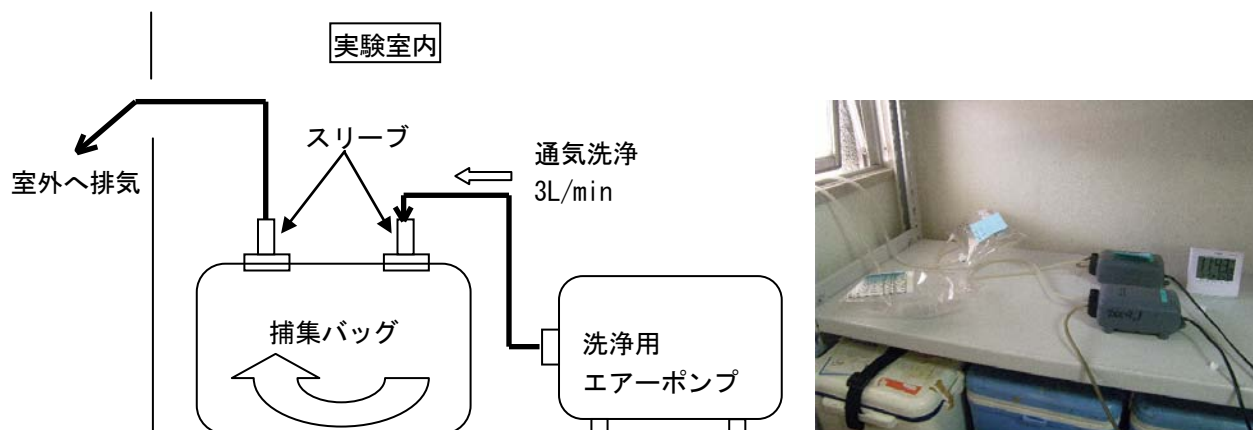


図-2 捕集バッグの洗浄図 (模式図と実際の写真)

2.4 試験方法

模擬汚染ガスは、実際の調査で土壌ガスを採取し、現地分析で当日中に分析するまでの最長時間を5時間と想定して、捕集バッグに充填して5時間保管した後に、2.3に示した洗浄を行った。

洗浄後は捕集バッグ内の空気を排出して気密容器にセットし、気密容器を減圧することで空気を充填し試験試料とした。

試験試料は各物質が1 volppmの試料は4検体、2 volppmの試料は2検体作成し、その平均値を試験結果の値とした。洗浄試験の条件を表-2に示す。

また、現地分析は試料採取後24時間以内に分析を行うこととされていることから、模擬汚染ガスを充填し24時間保管した捕集バッグについても、上記と同様に洗浄を実施した。

洗浄後の濃度測定は、洗浄済みの捕集バッグに清浄空気を充填した直後(0分)と、充填から90分後の2回とし、時間の経過による濃度変化を確認した。模擬汚染ガス濃度はGC-PID(日本電子(株)製のGC-310)で分析し、分析の条件は表-3に示すとおりとした。

表-2 洗浄試験の条件一覧

対象物質	模擬汚染ガス濃度	模擬汚染ガス充填後の保管時間	洗浄時間	捕集バッグ洗浄後の分析実施時間	
VOCs	各物質 1 volppm	5h	20min	0min	90min
		24h			
	各物質 2 volppm	5h	20min	0min	90min
		24h			

表-3 分析機器および分析条件一覧

分析器	日本電子(株)製 GC-310
検出器	PID、DELCD
カラム	フロンティア・ラボ(株)製 キャピラリーカラム NBW-310SS30
キャリアーガス	He G1クラス 容量10L
分析条件	50℃で3分間保持→20℃/分で100℃まで昇温→100℃で3分間保持

3. VOCs の洗浄試験結果

通常の現地分析では、本試験で対象とした VOCs の定量下限値は 0.1 volppm（ベンゼンは 0.05ppm）である。ただし本試験では VOCs 各物質の検出限界値を 0.01 volppm とし、洗浄直後および 90 分後の全ての VOCs が検出限界値未満であることを確認して、洗浄が終了し捕集バッグの再使用が可能であると判断することとした。以下に、洗浄試験結果を示す。

3.1 VOCs 各物質約 1 volppm（総量約 10volppm）の模擬汚染ガスを用いた洗浄試験結果

VOCs の各物質の濃度が約 1 volppm である模擬汚染ガスを 5 時間保管した後の洗浄結果を表-4 に、24 時間保管した後の洗浄結果を表-5 に示す。なお、この試験は 4 回ずつ行った。

洗浄試験の結果、模擬汚染ガスを 5 時間保管した場合および、24 時間保管した場合のいずれにおいても、捕集バッグを洗浄して清浄な空気を充填した後（洗浄直後（0 分））の VOCs の濃度および、空気を充填したまま 90 分間保管した（洗浄後 90 分）VOCs の濃度はすべて検出限界値未満となった。

表-4 VOCs各物質1 volppmのガス濃度（5時間保管）

物質名	平均ガス濃度(n=4) 単位: volppm			検出限界値 単位: volppm	定量下限値 単位: volppm
	初期濃度	洗浄後			
		直後(0min)	90min		
1,1-ジクロロエチレン	0.84	<0.01	<0.01	0.01	0.1
ジクロロメタン	0.92	<0.01	<0.01	0.01	0.1
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.98	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,1,1-トリクロロエタン	0.79	<0.01	<0.01	0.01	0.1
四塩化炭素	0.73	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,2-ジクロロエタン	0.89	<0.01	<0.01	0.01	0.1
トリクロロエチレン	0.98	<0.01	<0.01	0.01	0.1
シス-1,3-ジクロロプロペン	0.91	<0.01	<0.01	0.01	0.1
トランス-1,3-ジクロロプロペン	0.83	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,1,2-トリクロロエタン	0.83	<0.01	<0.01	0.01	0.1
テトラクロロエチレン	1.0	<0.01	<0.01	0.01	0.1
ベンゼン	0.48	<0.01	<0.01	0.01	0.05
総量	10	-	-	-	-

表-5 VOCs各物質1 volppmのガス濃度（24時間保管）

物質名	平均ガス濃度(n=4) 単位: volppm			検出限界値 単位: volppm	定量下限値 単位: volppm
	初期濃度	洗浄後			
		直後(0min)	90min		
1,1-ジクロロエチレン	0.89	<0.01	<0.01	0.01	0.1
ジクロロメタン	0.86	<0.01	<0.01	0.01	0.1
シス-1,2-ジクロロエチレン	1.0	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,1,1-トリクロロエタン	0.75	<0.01	<0.01	0.01	0.1
四塩化炭素	0.70	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,2-ジクロロエタン	0.82	<0.01	<0.01	0.01	0.1
トリクロロエチレン	1.0	<0.01	<0.01	0.01	0.1
シス-1,3-ジクロロプロペン	0.95	<0.01	<0.01	0.01	0.1
トランス-1,3-ジクロロプロペン	0.87	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,1,2-トリクロロエタン	0.80	<0.01	<0.01	0.01	0.1
テトラクロロエチレン	1.1	<0.01	<0.01	0.01	0.1
ベンゼン	0.52	<0.01	<0.01	0.01	0.05
総量	10	-	-	-	-

3.2 VOCs 各物質約 2 volppm (総量約 20volppm) の洗浄試験結果

上記 3.1 の試験結果を受けて、捕集バッグ内の VOCs 各物質の濃度を約 2 volppm にして、洗浄試験を行った。VOCs の各物質の濃度が約 2 volppm である模擬汚染ガスを 5 時間保管した後の洗浄結果を表-6 に、24 時間保管した後の洗浄結果を表-7 に示す。なお、この試験は予備試験として行ったものであり、試験の実施回数も 2 回ずつであったため、試験結果は参考として取り扱う。

洗浄試験の結果、模擬汚染ガスを 5 時間保管した場合や 24 時間保管した場合のいずれにおいても、洗浄直後 (0 分) および、洗浄後 90 分の VOCs の濃度はすべて検出限界値未満となった。

表-6 VOCs各物質2 volppmのガス濃度 (5時間保管)

物質名	平均ガス濃度(n=2) 単位: volppm			検出限界値 単位: volppm	定量下限値 単位: volppm
	初期濃度	洗浄後			
		直後(0min)	90min		
1,1-ジクロロエチレン	1.8	<0.01	<0.01	0.01	0.1
ジクロロメタン	1.7	<0.01	<0.01	0.01	0.1
シス-1,2-ジクロロエチレン	2.1	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,1,1-トリクロロエタン	1.6	<0.01	<0.01	0.01	0.1
四塩化炭素	1.5	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,2-ジクロロエタン	1.7	<0.01	<0.01	0.01	0.1
トリクロロエチレン	1.8	<0.01	<0.01	0.01	0.1
シス-1,3-ジクロロプロペン	2.0	<0.01	<0.01	0.01	0.1
トランス-1,3-ジクロロプロペン	2.2	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,1,2-トリクロロエタン	1.6	<0.01	<0.01	0.01	0.1
テトラクロロエチレン	1.9	<0.01	<0.01	0.01	0.1
ベンゼン	1.0	<0.01	<0.01	0.01	0.05
総量	20	-	-	-	-

表-7 VOCs各物質2 volppmのガス濃度 (24時間保管)

物質名	平均ガス濃度(n=2) 単位: volppm			検出限界値 単位: volppm	定量下限値 単位: volppm
	初期濃度	洗浄後			
		直後(0min)	90min		
1,1-ジクロロエチレン	1.8	<0.01	<0.01	0.01	0.1
ジクロロメタン	1.8	<0.01	<0.01	0.01	0.1
シス-1,2-ジクロロエチレン	2.0	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,1,1-トリクロロエタン	1.7	<0.01	<0.01	0.01	0.1
四塩化炭素	1.6	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,2-ジクロロエタン	1.8	<0.01	<0.01	0.01	0.1
トリクロロエチレン	1.8	<0.01	<0.01	0.01	0.1
シス-1,3-ジクロロプロペン	1.8	<0.01	<0.01	0.01	0.1
トランス-1,3-ジクロロプロペン	2.0	<0.01	<0.01	0.01	0.1
1,1,2-トリクロロエタン	1.7	<0.01	<0.01	0.01	0.1
テトラクロロエチレン	1.8	<0.01	<0.01	0.01	0.1
ベンゼン	1.0	<0.01	<0.01	0.01	0.05
総量	20	-	-	-	-

4. まとめおよび今後の課題

本試験の結果により、以下の所見を得た。

- ・ VOCs が各 1 volppm 程度であれば、保管時間に関わらず、本試験で行った 20 分間の通気と 2 回の空気の入替えにより、本試験で使用したビニルアルコール系ポリマーフィルム製の捕集バッグが洗浄され、再使用が可能であることを確認した。
- ・ VOCs が各 2 volppm であっても、本試験の洗浄方法により捕集バッグが洗浄され、再使用が可能であることが示唆された。

今後の課題を、以下に記す。

- ・ 本試験で用いた洗浄方法により、捕集バッグの再使用が可能である VOCs の濃度の上限を確認する。
- ・ 油に含まれるベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン（以下、BTEX）が土壤に含まれる場合を想定し、BTEX の模擬汚染ガスを作成して、捕集バッグが再使用できる洗浄条件を確認する。
- ・ 油の漏洩があるサイトを想定して、BTEX 以外の揮発成分を含むガソリンや軽油を使用した模擬汚染ガスを作成し、捕集バッグが再使用できる洗浄条件を確認する。

5. 参考文献

- 1) 環境省 水・大気環境局 土壤環境課：土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン Appendix-5. 土壤ガス調査に係る採取及び測定の方法