

5 RDエンジニアリング

産業廃棄物最終処分場内旧鳴ヶ池付近土壤中ガス調査

1. 調査の目的

産業廃棄物が埋め立てられている旧鴨ヶ池付近（別図）における土壤中のガス調査を行い、揮発性有機物質（VOC）汚染状況の実態を把握する。

2. 調査対象地の所在地等

（株）RDエンジニアリング 最終処分場内 旧鴨ヶ池付近

3. 調査対象物質及び測定・分析方法

調査対象物質		測定・分析方法
個別 定量	トリクロロエチレン	テドラーバッグ採取-GC-MS法 有害大気汚染物質測定方法マニュアル（平成9年2月， 環境庁）固体吸着-加熱脱着-ガスクロマトグラフ質量 分析法に準拠
	テトラクロロエチレン	
	シス-1, 2-ジクロロエチレン	
	ジクロロメタン	
	ベンゼン	
	トルエン	
VOC総量（イブレン換算値）		VOCモニター計による測定 測定原理：光イオン化センサ（PID：10.6eV） 測定器：RAE社製 ppbRAE（PGM-7240）

4. 調査地点

付図1に示すとおり

5. 調査実施体制

(1) 調査機関

名称：株式会社近畿分析センター
所在地：滋賀県大津市晴嵐二丁目9番1号
技術管理者：林 俊男

(2) 分析を実施した濃度計量証明事業所

名称：株式会社近畿分析センター
所在地：滋賀県大津市晴嵐二丁目9番1号

(3) 他社に委託した作業及び委託先

委託した作業：ボーリング、採取孔設置及び採取孔の後処置
委託先：株式会社メーサイ（大阪府吹田市南吹田3丁目13番3号）

6. 調査方法

6. 1 ボーリング及び採取孔設置

各調査地点において、自走式小型土壌掘削機 (EC01) により垂直方向に土質を確認しながら約 6 m～8 m掘削を行った。掘削孔にステンレス製保護管 (有孔部分 3 m、 $\phi 66\text{mm}$) を挿入した。この際、保護管の有孔部分が埋め立て廃棄物層に位置するように設置した。保護管はGL + 0.3m程度立ち上げて天端部を密閉可能な構造とし、採取孔とした。(採取孔の構造を図1に示す。)

掘り上げたボーリングコアはコア箱に整理し、観察・写真撮影の後、(株)RDエンジニアリングに返却した。

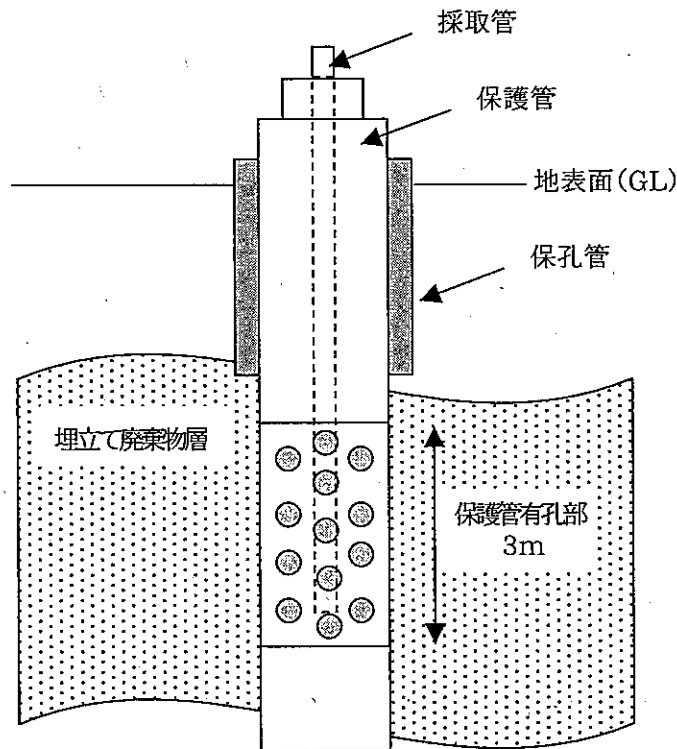


図1 採取孔の構造

6. 2 土壌ガス採取

採取孔を設置してから数日 (2～3日) 放置後に目的深度である埋め立て廃棄物層の土壌ガスを採取・分析することとしていたが、採取孔設置直後に測定した地下水位が想定していたよりも高く、埋め立て廃棄物層よりも上部に位置する調査地点が5地点存在したため、地下水位の経日変化をモニターしながら、地下水位の低下を待って土壌ガス採取を行った。

土壌ガスの採取は、土壌ガス調査に係る採取及び測定の方法を定める件 (H15.3.6, 環境省告示第16号) に準拠して行った。具体的には $\phi 2\text{mm}$ のテフロン製採取管の先端部を地下水位 + 0.3mの深度まで挿入し、密閉して30分以上放置した後、捕集バッグ法によりテドラバッグ (容量: 3 L) に土壌ガスを採取した。

土壌ガスの採取の前後にVOCモニター計による測定を行った。

(2) VOC総量 (VOCモニター計による測定)

小型で携帯可能なVOCモニターとして、光イオン化センサ方式 (PID: 10.6eV) のRAE社製ppbRAE (PGM-7240) を用いて、VOC総量の測定を行った。光イオン化センサの動作原理は、揮発性有機物 (VOC) を含む気体がUVランプの前を通過し、ランプの放出するフォトンによってVOCがイオン化する際に放出される電子を電流として検出するものである。

VOCモニターの校正はゼロ校正を活性炭チューブを通過した清浄空気で、スパン校正はイソブチレン10ppmの標準ガスにより実施した。

VOCモニターによる測定は内蔵するダイヤフラムポンプにより試料ガスを連続的に吸引し、1分程度して指示値が概ね安定した後、一定間隔で5個のデータを読み取り、その平均値を測定値とした。(ダイヤフラムポンプの吸引流量: 400ml/min)

7. 調査結果

7. 1 ボーリングによる土質確認結果

各調査地点のボーリング柱状図を添付資料1) に、コア一観察写真を添付資料2) に示す。埋め立て廃棄物層の出現深度は調査地点により差はあるものの、GL-2.4m~4.1mの範囲であった。また、埋め立て廃棄物層の色調や混入物は、調査地点による差異は少なく、色調は概ね黒灰色で、ビニール片、金属片、プラスチック片、煉瓦片、木片、ガラス片、被覆コード等の混入が確認された。

7. 2 揮発性有機化合物 (VOC) 汚染状況調査結果

(1) 予備調査結果

予備調査の目的で、採取孔のボーリング当日 (平成16年6月28日、29日) にVOCモニターによる測定を行った結果を表1に示す。これらの内、比較的高濃度が検出された調査地点 (28日に測定分から No. 2、29日に測定分から No. 4) について、土壌ガスを採取し、GC-MSによる定性・半定量分析を実施した結果を表2に示す。

予備調査の結果を踏まえ、調査対象項目としてトリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、ベンゼンの5項目に、トルエンを追加することとした。

表1 予備調査におけるVOCモニター測定結果

調査地点 項目	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
削孔/測定年月日	2004/6/29	2004/6/28	2004/6/28	2004/6/29	2004/6/28	2004/6/29
採取管設置時刻	15:18	13:50	15:10	13:10	15:40	16:00
VOCモニター・ガス採取時刻	16:15	16:45	16:50	15:42	16:55	16:40
地下水位 (GL-m)	2.64	4.58	2.70	3.00	4.52	2.65
採取管深度 (GL-m)	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00
VOCモニター測定値 (ppb)	2800	1100	400	65000	690	320

157

表2 予備調査におけるGC-MSによる定性・半定量分析結果

調査地点	検出された主な成分名 (ライブラリー検索結果)	分子式	トルエン換算 濃度 (ppm)
No. 2 採取日： 2004/6/28	Octamethylcyclotetrasiloxane	C ₈ H ₂₄ O ₄ Si ₄	2.8
	Pentane	C ₅ H ₁₂	2.2
	Methanol	CH ₄ O	2.1
	Dimethylacetamide	C ₄ H ₉ NO	2.0
	Propane	C ₃ H ₈	2.0
	p-Trimethylsilyloxyphenyl-(trimethylsilyloxy) trimethylsilylacrylate	C ₁₈ H ₃₄ O ₄ Si ₃	1.8
	Isobutane	C ₄ H ₁₀	1.7
	Monomethylnitrosamine	CH ₄ N ₂ O	1.6
	Toluene	C ₇ H ₈	1.3
	1-methyl-4-(1-methylethyl)-cyclohexane	C ₁₀ H ₂₀	1.2
	VOC総量	—	39
No. 4 採取日： 2004/6/29	Toluene	C ₇ H ₈	220
	1-Propanesulfonyl chloride	C ₃ H ₇ ClO ₂ S	3.9
	2-Methyldecane	C ₁₁ H ₂₄	3.1
	2,4-Dimethylhexane	C ₈ H ₁₈	1.5
	Acetone	C ₃ H ₆ O	1.4
	VOC総量	—	250

注)表中の物質名は各検出ピークのマスマスペクトルをGC-MSのデータベースにより定性した結果、最上位に検索された物質を示したものであり、物質の同定(確定)には標準物質による確認が必要である。

(2) 本調査結果

地下水位が埋め立て廃棄物の出現深度以下に低下してから、土壌ガスを採取することを意図したが、地下水位のモニター結果から、全ての調査地点で低下するのを待つのは短期的には不可能と判断し、平成16年8月23日、土壌ガスのVOCモニターによる測定とガス採取を行った。(No. 3、No. 5の調査地点では地下水位が埋め立て廃棄物の出現深度以上であった。)

表3にVOCモニターによる測定結果とGC-MSによる個別定量分析の結果を示す。

表3 本調査におけるVOCモニター測定値及び個別定量分析結果

調査地点		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
項目							
測定年月日		2004/8/23	2004/8/23	2004/8/23	2004/8/23	2004/8/23	2004/8/23
採取管設置時刻		9:10	9:15	9:25	9:30	9:35	9:20
VOCモニター・ガス採取時刻		9:40	9:48	10:06	10:14	10:21	9:56
地下水位 (GL-m)		3.25	3.17	2.85	3.56	3.96	3.20
採取管深度 (GL-m)		2.95	2.87	2.55	3.26	3.66	2.90
VOCモニター測定値 (ppb)		5500	0	710	0	3200	12
濃度 (ppm)	トリクロロエチレン	0.0013	0.0091	0.0093	0.0025	0.0051	0.0031
	テトラクロロエチレン	0.0052	0.0077	0.012	0.0038	0.018	0.0079
	シス-1, 2-ジクロロエチレン	0.0025	0.022	0.016	0.027	0.015	0.012
	ジクロロメタン	0.0017	0.0020	0.0006	0.0007	0.0007	0.0009
	ベンゼン	0.0038	0.0065	0.014	0.041	0.067	0.0043
	トルエン	0.017	0.11	2.0	0.083	0.20	0.20
濃度 (mg/m ³)	トリクロロエチレン	0.007	0.050	0.051	0.014	0.028	0.017
	テトラクロロエチレン	0.036	0.053	0.084	0.026	0.12	0.054
	シス-1, 2-ジクロロエチレン	0.010	0.089	0.063	0.11	0.060	0.048
	ジクロロメタン	0.006	0.007	0.002	0.002	0.002	0.003
	ベンゼン	0.012	0.021	0.046	0.13	0.22	0.014
	トルエン	0.064	0.40	7.5	0.32	0.78	0.75

注1) VOCモニター測定値はガス採取前後の測定値の平均値を記載した。

注2) 個別定量分析結果は2種類の単位 (ppm及びmg/m³) で記載した。

8. 結果の評価及び考察

(1) 土壤汚染対策法の指定区域の指定に係る基準との比較

土壤汚染対策法では、土壤ガス調査において気体から調査対象物質が検出されたときは、指定区域の指定に係る基準に適合しない汚染状態にある土地とみなされる。(土壤汚染対策法施行規則第8条) この場合、調査対象物質が検出されるとは、ベンゼンでは0.05ppm、その他の第1種特定有害物質では0.1ppm以上の濃度が検出されることを指す。(土壤ガス調査に係る採取及び測定の方法を定める件 (H15.3.6, 環境省告示第16号))

本調査における個別定量分析結果を指定区域の指定に係る基準 (ベンゼンでは0.05ppm、その他の第1種特定有害物質では0.1ppm) と比較した場合、調査地点 No. 5 のベンゼンのみが基準に適合しない汚染状態にあった。

(2) 大気環境基準との比較

個別定量分析の対象項目のうち、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、ベンゼンには、人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準として、大気環境基準 (表4) が定められている。

この基準の適用範囲は一般環境大気であり、工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については適用されない。当然、土壤中のガスにも適用されるものではないが、参考までに本調査における土壤ガス中の個別定量分析結果を大気環境基準と比較した場合、全ての調査地点でベンゼンが環境基準を上回っていたが、その他の項目は

全ての調査地点で環境基準以下であった。

表4 ベンゼン等による大気汚染に係る環境基準

物質	環境基準
ベンゼン	年平均値 0.003 mg/m ³ 以下
トリクロロエチレン	年平均値 0.2 mg/m ³ 以下
テトラクロロエチレン	年平均値 0.2 mg/m ³ 以下
ジクロロメタン	年平均値 0.15 mg/m ³ 以下

引用) ベンゼン等による大気汚染に係る環境基準について (H9. 2. 4, 環境庁告示第4号)

(3) 大気環境モニタリングの公表データとの比較

平成14年度地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果(平成15年11月、環境省)によれば、大気環境基準が定められているベンゼン等4物質に係る全国調査の結果は表5のとおりである。

本調査における土壌ガス中の個別定量分析結果のうち、ベンゼン等4物質に係る全調査地点の平均値と濃度範囲を表6に示した。全国調査の結果は、大気環境基準への適合状況等を監視するために、自治体等が一般環境大気汚染状態をモニタリングしたものであり、本調査とは調査対象が異なるが、本調査結果の相対的評価の参考として全国調査の結果と比較した。

その結果、ベンゼンでは全ての調査地点で全国調査の濃度範囲を上回っていた。テトラクロロエチレンでは一部の調査地点で全国調査の濃度範囲を上回っていた。トリクロロエチレン、ジクロロメタンでは全ての調査地点で全国調査の濃度範囲内であった。

表5 ベンゼン等に係る大気環境モニタリング調査結果(全国)

物質	地点数	環境基準値 超過割合 (%)	平均値 (mg/m ³)	濃度範囲 (mg/m ³)
ベンゼン	409	8.3	0.0020	0.00049 ~ 0.0057
トリクロロエチレン	341	0	0.0010	0.0000012 ~ 0.070
テトラクロロエチレン	355	0	0.00043	0.000029 ~ 0.0076
ジクロロメタン	351	0.3	0.0029	0.00016 ~ 0.19

引用) 平成14年度地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果(平成15年11月、環境省)

表6 本調査におけるベンゼン等に係る個別定量分析結果

物質	調査地点	平均値 (mg/m ³)	濃度範囲 (mg/m ³)
ベンゼン	No. 1~No. 6	0.074	0.012 ~ 0.22
トリクロロエチレン	No. 1~No. 6	0.028	0.007 ~ 0.051
テトラクロロエチレン	No. 1~No. 6	0.062	0.026 ~ 0.12
ジクロロメタン	No. 1~No. 6	0.0037	0.002 ~ 0.007

(4) 揮発性有機化合物(VOC)汚染の分布について

本調査における土壌ガス中の個別定量分析結果から、各調査地点間での濃度分布をグラフ化したものを図2~図7に示す。トリクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレンはテトラクロロエチレンの分解生成物でもあり、これらの物質の濃度分布は比較的近似したパターンを示していた。ジクロロメタン、ベンゼン、トルエンはそれぞれ異なる濃度分布のパターンを示していた。

(5) VOCモニターによる測定結果について

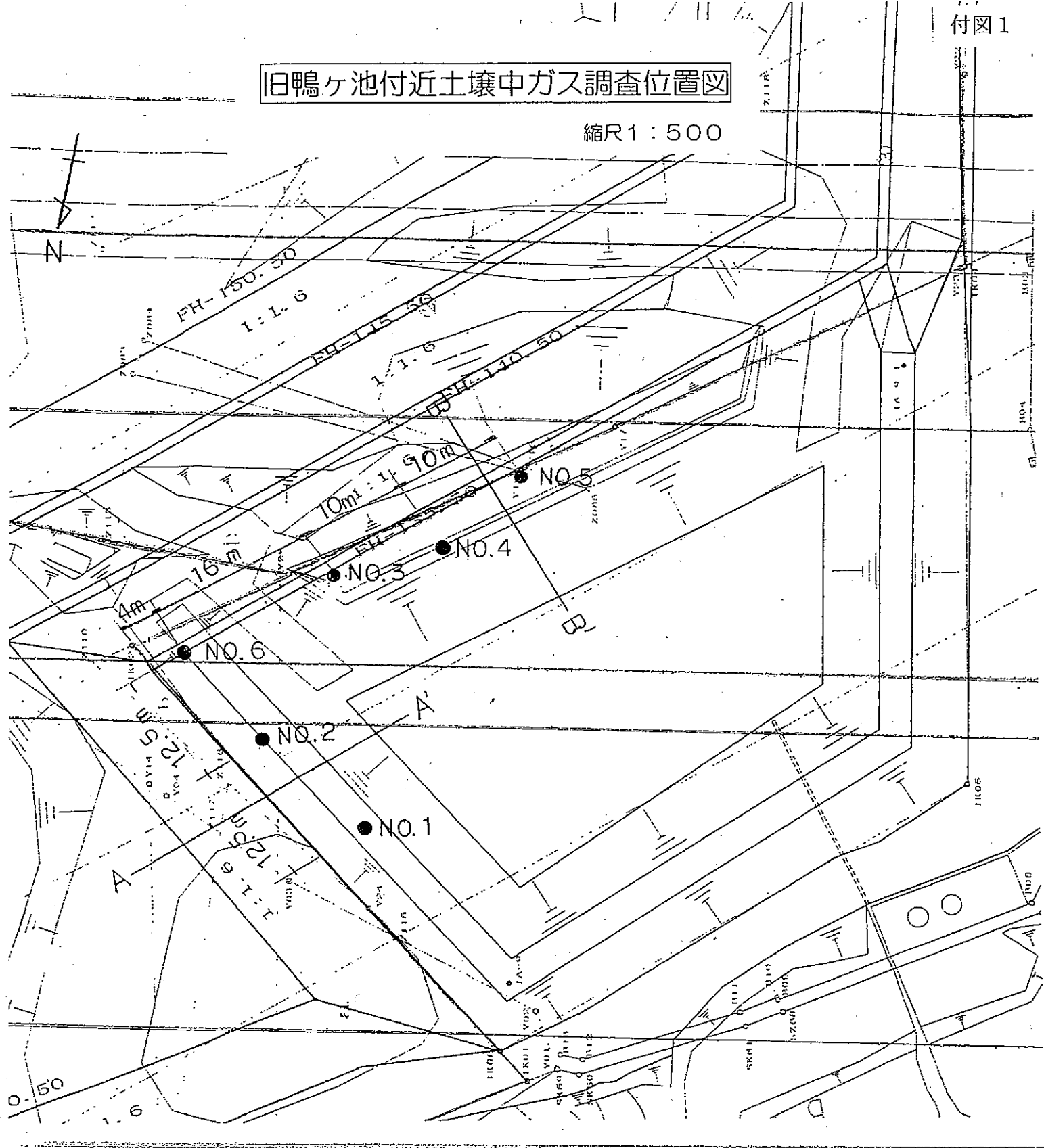
本調査におけるVOCモニターによる測定値の分布を図8に示す。前項で述べた個別定量分析結果による各物質の濃度分布と比較した場合、パターンの形状及び濃度レベルの両面で一致しなかった。

VOCモニターは、その測定原理から非常に多くの揮発性有機物（VOC）に対して感度を持つことから、調査対象物質以外のVOCが多く存在する場合には、目的物質について土壌汚染対策法の指定区域の指定に係る基準レベルの濃度分布を把握することは困難であることがわかった。

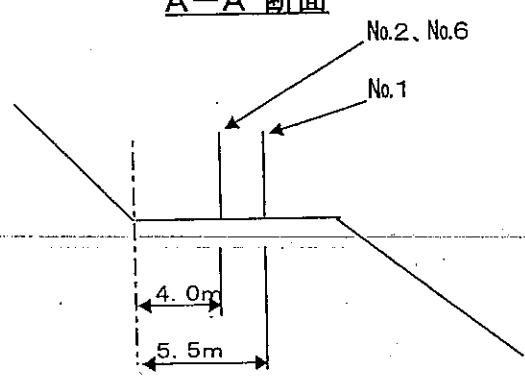
以上

旧鴨ヶ池付近土壤中ガス調査位置図

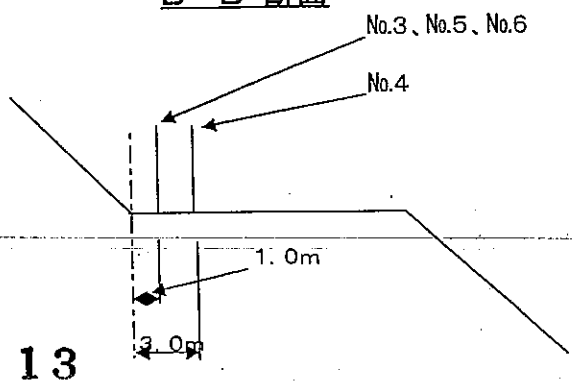
縮尺1:500



A-A' 断面



B-B' 断面



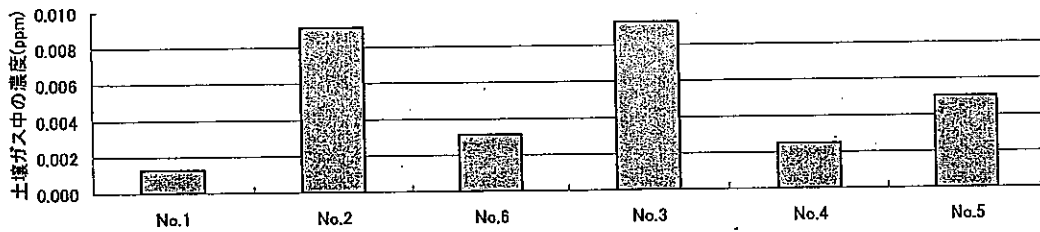


図2 トリクロロエチレン濃度の分布

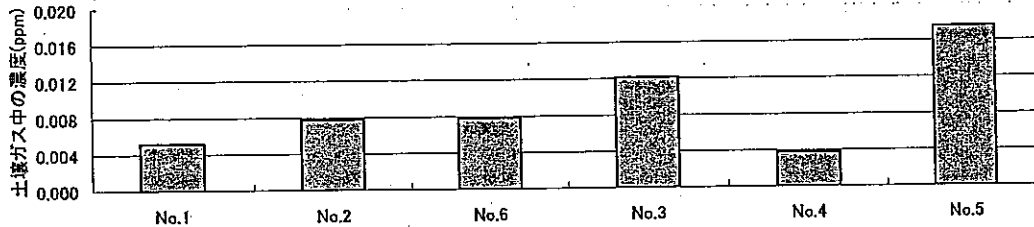


図3 テトラクロロエチレン濃度の分布

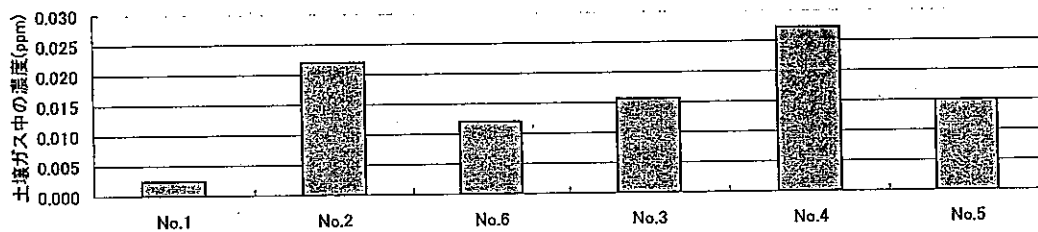


図4 シス-1,2-ジクロロエチレン濃度の分布

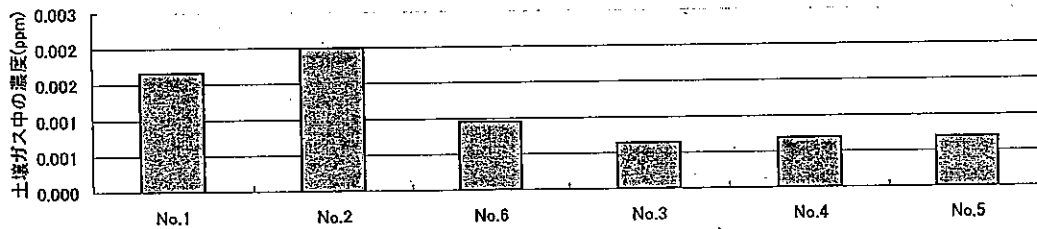


図5 ジクロロエタン濃度の分布

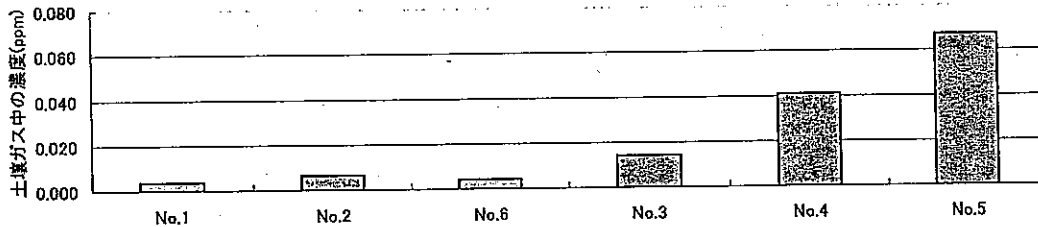


図6 ベンゼン濃度の分布

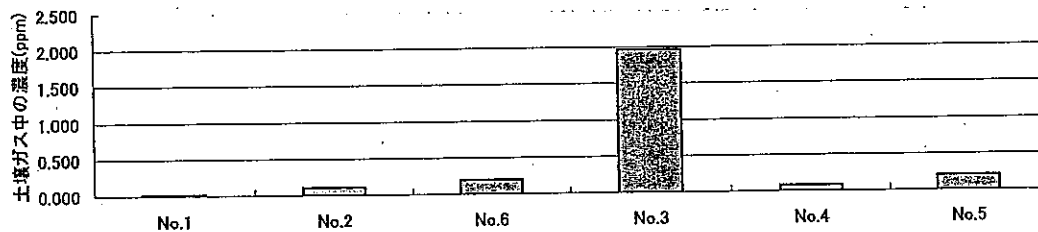


図7 トルエン濃度の分布

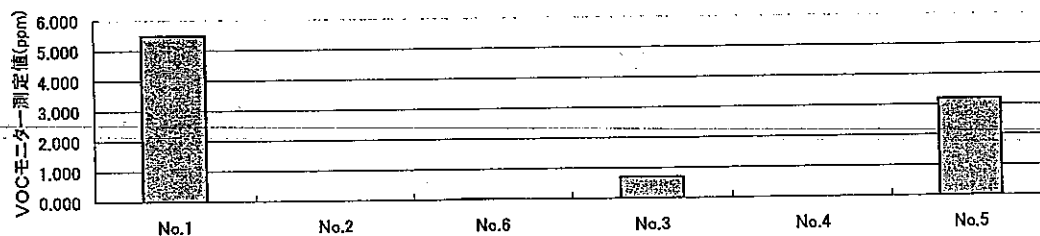


図8 VOCモニター測定値の分布

