

汚染物質処理に関する室内実験委託

報 告 書

平成 22 年 6 月 30 日

日 本 工 営 株 式 会 社

目 次

1. 概要	1
2. 実験方法（分解特性試験）	2
2.1 試験区設定	2
2.2 対象土壌及び土壌調整方法	3
2.3 試験装置	4
2.4 分析及びモニタリング方法	6
3. 実験方法（各種有機資材試験）	8
4. 実験結果（分解特性試験）	9
4.1 No.4 汚染土処理実験	9
4.2 No.6 汚染土処理実験	10
5. 実験結果（各種有機資材試験）	12
6. まとめ	13

巻末資料

- ・分析データ

1. 概要

(1) 件名：汚染物質処理に関する室内実験委託

(2) 期間：平成 22 年 4 月 16 日から平成 22 年 6 月 30 日

(3) 請負者：日本工営株式会社

(4) 実験の目的

本実験は、東京都が豊洲新市場予定地において実施している適用実験を補完するために、室内の一定条件下において実験を行うことにより汚染物質の分解特性などを把握し、確実に無害化できることの実証を目的とした。

(5) 実験場所

東京都江東区豊洲 6 丁目地内（作業場所：現場詰所）

2. 実験方法（分解特性試験）

2.1 試験区設定

本実験では、実験目的にあわせて、試験区を設定した。

【実験目的】

- ① 原位置微生物処理の対象である No.4 を原土として、昇温による浄化促進効果の確認
- ② 原位置微生物処理の対象である No.6 を原土として、シアンを含む土壌の昇温による浄化促進効果の確認

【実施内容】

〔試験構成〕

No.4、No.6 について、それぞれ複数の温度区を設定し、温度の違いによる浄化効果を評価

表-2.1 試験区設定

試験区		使用土壌*	条件
分解特性 試験	試験区 1	No. 4	中温設定 (40℃)
	試験区 2	(ベンゼン)	高温設定 (60℃)
	試験区 3	No. 6 (ベンゼン+ シアン化合物)	常温設定 (室温：20℃程度)
	試験区 4		昇温材(小麦糠)を用いた昇温試験
	試験区 5		中温設定 (40℃)
	試験区 6		高温設定 (60℃)

※ ベンゼンの設定濃度は、No.4 が環境基準値の 12 倍程度、No.6 が 480 倍程度になるようにベンゼンを添加した

試験装置は、中温及び高温設定では恒温インキュベータを、昇温資材として小麦糠^{ぬか}を用いた昇温試験では小型堆肥化装置を用いた。詳細は後述の「2.3 試験装置」で示す。

実験条件としては、試験区 1、2、3、5、6 で表-2.2 に示す土質改良材および栄養塩を添加し、通気量 0.02vvm で実施した。また、試験区 4 の昇温試験区では、土質改良材および栄養塩に加えて昇温材（小麦糠）を添加した。

表-2.2 資材配合表

添加資材		配合	備考
		土壌重量比 (%)	
栄養塩	窒素肥料 (尿素)	各 0.01	現地実証試験と同様
	りん肥料(過リン酸石灰)		
土質改良材	おがくず	3	現地実証試験と同様
昇温材	小麦糠	10	試験区 4 のみ添加

2.2 対象土壌及び土壌調整方法

[対象土壌]

(ア) No. 4 K29-9 (A.P.-1.97m～A.P.-2.97m)

調査時汚染倍率：ベンゼンが環境基準値の約 12 倍、シアンが基準超過

(イ) No. 6 I13-4 (A.P.2.00m～A.P.1.00m)

調査時汚染倍率：ベンゼンが環境基準値の約 25 倍、シアンが約 13 倍

[土壌調整]

No. 4 及び No. 6 地点から採取した土壌（原土）について、下記調整を施し、実験土とした。

- ① 原土より礫や木片等を取り除き、必要量の試験土を確保した。
- ② 簡易分析（ヘッドスペース法による GC-PID 分析）を行い対象土のベンゼン濃度を確認した。
- ③ 上記②で測定したベンゼン溶出濃度と各土壌の調査時汚染濃度を比較し、最終のベンゼン濃度が調査時汚染濃度となるようにベンゼン原液を添加し、ベンゼン濃度調整を実施した。
なお、No. 6 は原位置微生物処理の対象となる地点におけるベンゼンの最高濃度である環境基準値の 480 倍に設定した。
- ④ 以後、ベンゼン濃度調整土壌を分割し、試験区毎に必要な昇温材（試験区 4 のみ）及び他資材を土壌に添加した。

2.3 試験装置

試験区 1、2、5、6 では、図-2.1 に示す室内実験実施箇所に設置した恒温インキュベータ等を用いて恒温および一定通気条件を設定した試験を実施した。装置全体構成を図-2.3 に示す。



図-2.1 恒温インキュベータ

試験区 4 では、小型堆肥化実験装置を用いた昇温試験を実施した（図-2.2）。また装置全体構成は、恒温インキュベータと同じく図-2.3 に示す。



図-2.2 小型堆肥化実験装置

なお、試験区 3 は概ね 20℃を保った実験室の室温下にて実施した。

室内試験装置 概要

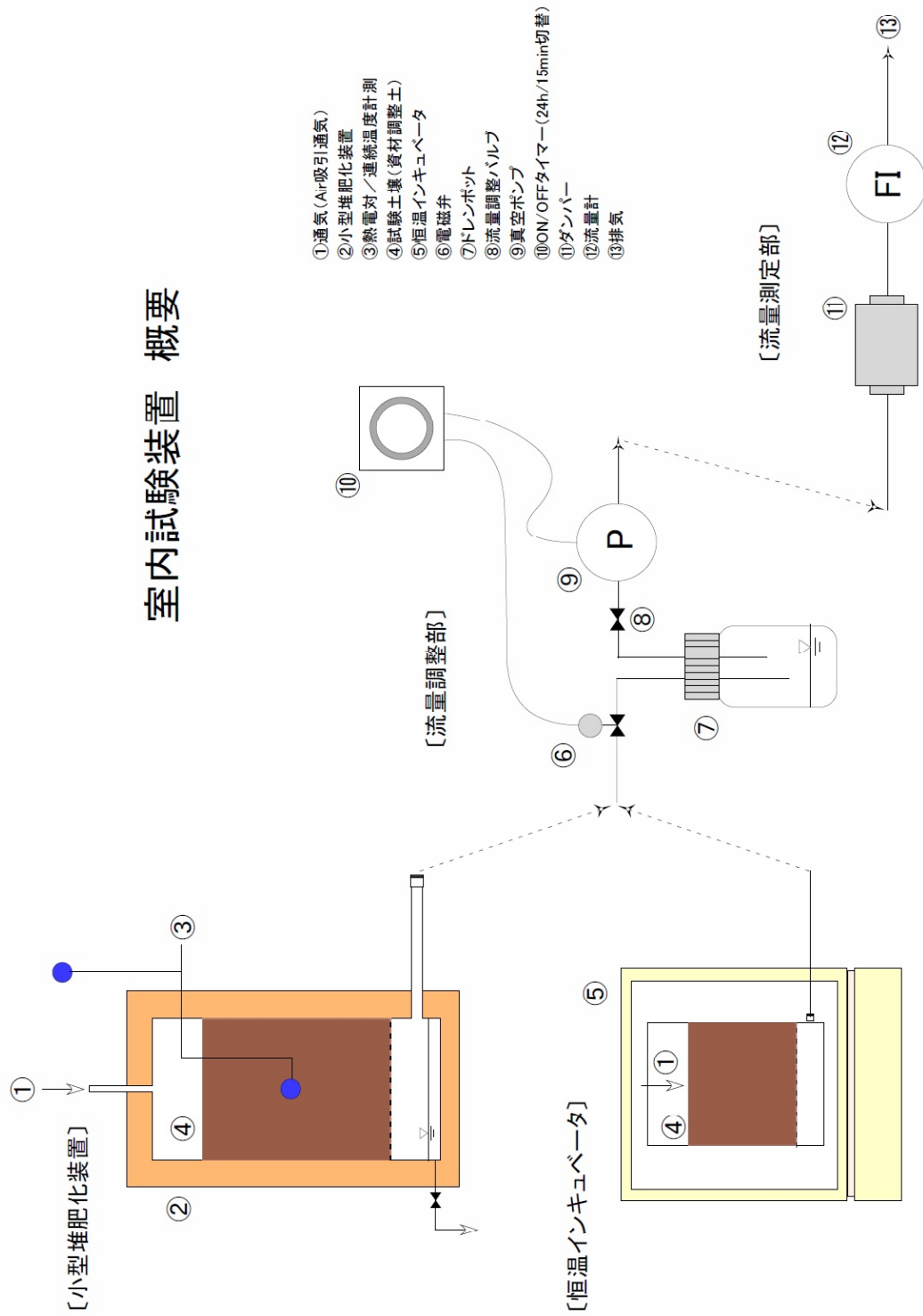


図-2.3 実験装置全体構成

2.4 分析及びモニタリング方法

〔土壌試料採取および切返〕

土壌試料の採取頻度は、設定温度が高いほど浄化速度が速くなることを想定して、常温区では4日毎、中温区では3日毎、高温区では2日毎とした。また、土壌試料を採取する際には、反応槽より実験土を全て取出して、一部を土壌試料として採取し、残りの試料は、現地実証試験と同様、均質な通気を施すために、攪拌する切返し作業を実施して、実験装置に戻した。

表-2.3 土壌試料採取頻度

試験条件	頻度	回数
常温 (20℃)	4日毎	6回
中温 (40℃)	3日毎	7回
高温 (60℃)	2日毎	5回



図-2.4 小型堆肥化実験装置からの試料採取状況

〔分析およびモニタリング〕

モニタリング項目と機器を表-2.4に示す。なお、試験開始時の土壌試料に対し、別途公定分析（ベンゼン、シアン化合物）を実施した。また終了時試料の公定法分析を、上記土壌採取実施回数に関わらずベンゼン濃度が2回の連続して環境基準以下となった試料に対し実施した。

表-2.4 土壌分析およびモニタリング項目

分析項目	測定方法／測定機器
ベンゼン	GC/PID を用いたヘッドスペース法による簡易溶出法
	公定法分析（規格 K0125 の 5.2 に定める方法）
シアン化合物	公定法分析（規格 K0102 の 38 に定める方法）
温度	温度データロガーTR-7Ui
酸素濃度	デジタル酸素濃度計 XO-326ALA



図-2.5 GC/PID ベンゼン分析装置 全景



図-2.6 酸素濃度測定装置

3. 実験方法（各種有機資材試験）

【実験目的】

本実験は、掘削微生物処理での昇温材について、利用可能な資材の検討を目的とした。

【実施内容】

〔試験構成〕

各種有機資材（糟糠類等）を用いた昇温、臭気およびベンゼン処理の評価

試験区：小麦糠、米糠、とうきび糠、とうきび芯

使用土壌：No.3 土壌を使用した

表-3.1 試験区設定

試験区	使用土壌	条件
各種有機資材試験	No. 3 (ベンゼン)	昇温材(小麦糠など)を用いた昇温試験

〔試験装置／条件〕

小型堆肥化実験装置を使用した。その他の試験条件は、分解特性試験での試験区4と同様とし、表-2.2に記載した所定量の土質改良材、栄養塩をNo.3汚染土壌量に添加した。

なお、各種有機資材の添加量は、小麦糠10%を基準として、単位土壌当りの昇温熱量を揃えて昇温特性を比較するため、各資材と小麦糠の総カロリー量（GE）が同程度となる様に土壌に添加した。

詳細を表-3.2に記す。

表-3.2 昇温材配合表

	昇温資材			
	小麦糠	米糠	とうきび糠	とうきび芯
総熱量：GE(MJ/kg)	16.7	19.4	17.2	17.0
土壌に対する資材添加量(%)	10.0	8.6	9.7	9.8

〔分析およびモニタリング〕

温度、酸素濃度は表-2.4と同様。

その他、有機資材の添加により臭気が発生する可能性があるため、各種資材の比較用として臭気測定を実施した。

4. 実験結果（分解特性試験）

4.1 No.4 汚染土処理実験

原位置微生物処理実験で対象とした No.4 土壌について、掘削微生物処理の適用と、最適な昇温設定（40℃、60℃）に関する評価を実施した。結果を表-4.1 に示す。

表-4.1 公定法分析結果（No. 4 土壌）

	ベンゼン濃度	
	mg/L	
	初期値	処理後
試験区 1 (40℃)	0.033	< 0.001
試験区 2 (60℃)	0.69	0.001

赤：環境基準不適合 青：環境基準適合

また、分析は、簡易分析を用いて、公定法分析を補完するデータを収集した。簡易分析の結果を表-4.2 に示す。また、ベンゼン濃度の変化について、図-4.1 に示す。

表-4.2 簡易分析結果（No. 4 土壌）

経過 日数	試験区 1			試験区 2		
	40℃			60℃		
	温度	酸素濃度	ベンゼン濃度	温度	酸素濃度	ベンゼン濃度
	℃	%	mg/L	℃	%	mg/L
初期値	40.0	20.4	0.97	60.0	20.4	1.1
1	40.0	20.4	-	60.0	20.3	-
2	40.0	20.5	-	60.0	20.4	<0.005
3	40.0	20.5	0.029	60.0	20.5	-
4	40.0	20.5	-	59.5	20.4	<0.005
6	40.0	20.3	<0.005	60.0	20.5	<0.005
8	40.0	20.4	-	60.0	20.5	<0.005
9	39.9	20.6	<0.005	-	-	-
12	40.0	20.6	<0.005	-	-	-
16	40.0	20.5	<0.005	-	-	-
18	40.0	20.5	<0.005	-	-	-

ベンゼン濃度は簡易分析による 赤：環境基準不適合 青：環境基準適合

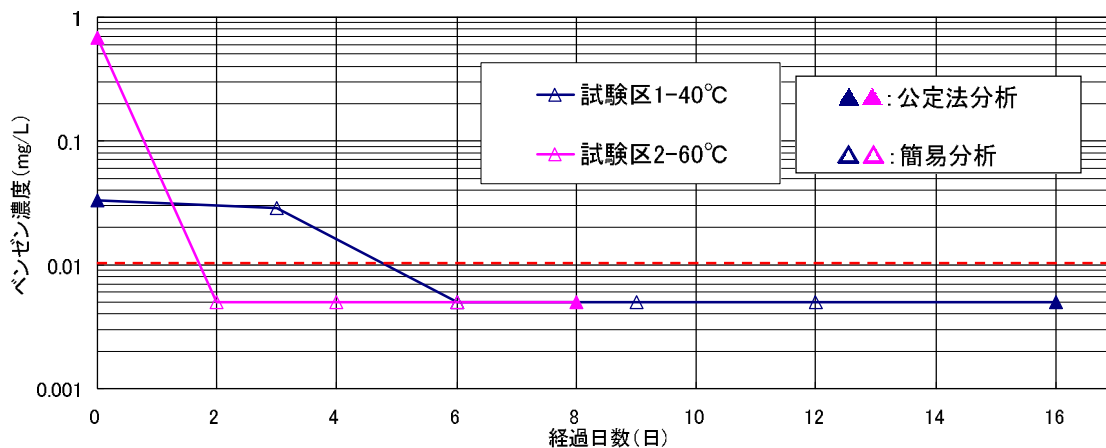


図-4.1 ベンゼン濃度 (No. 4 土壌)

試験の結果、いずれの温度帯でもベンゼンが環境基準に適合した。原位置微生物処理実験の対象である No.4 の土壌でも、掘削微生物処理による浄化が可能であることが示唆された。

また、温度が高いほど処理が短期間となる傾向が見られた。

4.2 No.6 汚染土処理実験

シアン化合物を含むベンゼン汚染土壌 No.6 に対し、20°C区、40°C区、60°C区、昇温材区を設け、最適な昇温の温度設定に関する評価を実施した。結果を表-4.3 に示す。簡易分析の結果は、表-4.4 に示す。また、ベンゼン濃度に変化ついて、図-4.2 に示す。

表-4.3 公定法分析結果 (No. 6 土壌)

	ベンゼン濃度		シアン化合物濃度	
	mg/L		mg/L	
	初期値	処理後	初期値	処理後
試験区 3 (20°C)	7.3	< 0.001	0.52	0.54
試験区 5 (40°C)	4.5	0.001	0.59	0.53
試験区 6 (60°C)	5.5	0.002	0.54	0.51
試験区 4 (昇温材)	18	0.002	0.56	0.56

赤：環境基準不適合 青：環境基準適合

表-4.4 簡易分析結果 (No. 6 土壤)

経過 日数	試験区3			試験区5			試験区6			試験区4		
	20℃			40℃			60℃			昇温(小麦糠)		
	温度	酸素 濃度	ベンゼン 濃度	温度	酸素 濃度	ベンゼン 濃度	温度	酸素 濃度	ベンゼン 濃度	温度	酸素 濃度	ベンゼン 濃度
	℃	%	mg/L	℃	%	mg/L	℃	%	mg/L	℃	%	mg/L
0	20.3	20.7	7.9	40.0	20.4	8.3	60.0	20.4	9.7	25.2	19.7	9.5
1	-	20.7	-	40.0	20.4	-	60.0	20.4	-	38.2	11.8	-
2	-	20.7	-	40.0	20.4	-	60.0	20.4	<0.005	62.1	9.2	0.13
3	-	20.6	-	40.0	20.6	0.011	60.0	20.5	-	59.2	17.9	-
4	20.1	20.5	0.038	40.0	20.5	-	59.9	20.5	<0.005	39.2	19.6	<0.005
6	20.6	20.5	-	40.0	20.3	<0.005	60.0	20.4	<0.005	-	-	-
8	20.4	20.4	<0.005	40.0	20.4	-	60.0	20.4	<0.005	23.8	20.6	<0.005
9	20.3	20.6	-	39.9	20.7	<0.005	-	-	-	-	-	-
12	21.0	20.4	<0.005	40.0	20.6	<0.005	-	-	-	20.6	20.4	<0.005
15	20.6	20.6	-	40.0	20.5	<0.005	-	-	-	-	-	-
16	20.6	20.6	0.007	-	-	-	-	-	-	20.2	20.4	<0.005
18	-	-	-	40.0	20.5	<0.005	-	-	-	-	-	-
20	20.2	20.6	<0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ベンゼン濃度は簡易分析による 赤：環境基準不適合 青：環境基準適合

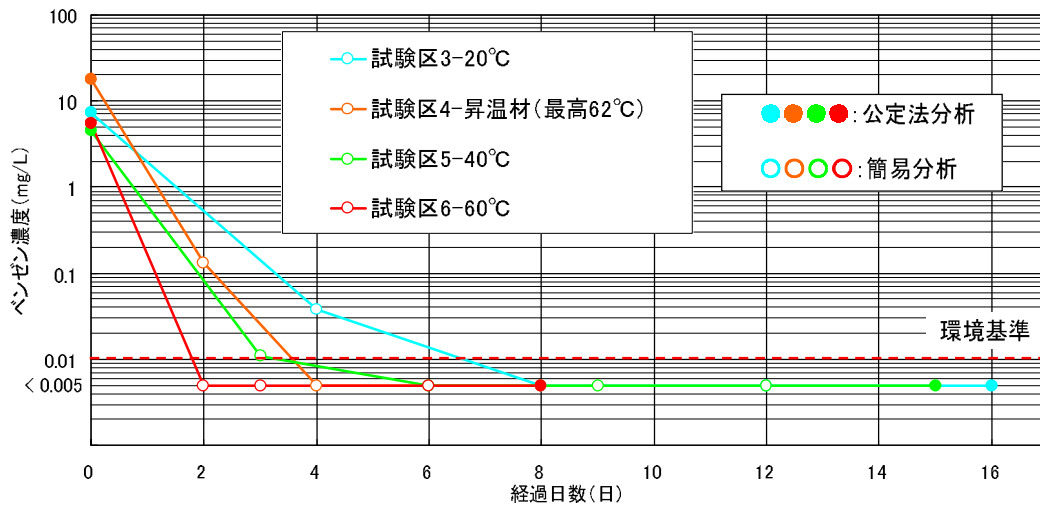


図-4.2 ベンゼン濃度 (No. 6 土壤)

試験の結果、シアン化合物を含むベンゼン汚染土壌についても、掘削微生物処理においてシアン化合物による阻害を受けず浄化できることが確認された。

また、温度が高いほど処理が短期間となる傾向が示された。

5. 実験結果（各種有機資材試験）

本実験は、掘削微生物処理において有効性が確認されている昇温材の添加について、利用可能な有機資材について評価を行った。

実験に使用した有機資材は、小麦糠、米糠、とうきび糠、とうきび芯とした。それぞれの、ベンゼン濃度、温度、酸素濃度、臭気測定の結果を表-5.1に示す。

表-5.1 各種有機資材を用いた昇温時の各種性状とベンゼン濃度

経過 日数	小麦糠				米糠			
	臭気	酸素 濃度	温度	ベンゼン 濃度	臭気	酸素 濃度	温度	ベンゼン 濃度
	-	%	℃	mg/L	-	%	℃	mg/L
初期値	210	19.7	24.9	0.10	134	20.2	22.0	0.11
1	538	13.9	30.5	-	253	18.6	24.7	-
2	1520	15.8	43.5	-	1235	13.7	48.5	-
3	1397	15.4	62.0	-	1334	17.7	57.8	-
4	1435	17.3	59.6	<0.005	852	18.2	45.1	<0.005
8	552	20.6	24.6	<0.005	192	20.4	28.6	<0.005

経過 日数	とうきび芯				とうきび糠			
	臭気	酸素 濃度	温度	ベンゼン 濃度	臭気	酸素 濃度	温度	ベンゼン 濃度
	-	%	℃	mg/L	-	%	℃	mg/L
初期値	158	19.9	23.4	0.099	186	20.1	24.2	0.095
1	631	19	35.1	-	1011	17.3	37.0	-
2	622	19	38.1	0.017	1006	17.5	49.3	<0.005
3	638	19.3	39.6	-	1690	17.6	53.9	-
4	182	19.5	34.1	0.049	1650	16.2	57.7	<0.005
8	20	20.2	26.6	<0.005	348	20.2	25.8	<0.005

※ ベンゼン濃度は簡易分析

実験の結果、以下の点が確認された。

- ・ いずれの有機資材を用いてもベンゼン処理が可能なが確認された。小麦糠、米糠、とうきび糠、とうきび芯ともに 40～60℃付近までの昇温効果が確認された。
- ・ 昇温効果は、小麦糠、米糠、とうきび糠、とうきび芯の順に高いことが確認された。
- ・ いずれの資材においても昇温に応じて臭気発生が高まる傾向があった。処理後の臭気では小麦糠の臭気が高く、続いてとうきび糠、米糠、とうきび芯の順であった。

6. まとめ

本室内実験により、以下の点が確認された。

- ① 全ての試験区で、ベンゼンの浄化が確認された。
- ② ベンゼンとシアン化合物の複合汚染土壌であっても、掘削微生物処理の昇温により、ベンゼンの浄化が確認された。また、シアン化合物が掘削微生物処理の阻害要因にならないことも確認された。
- ③ シアン化合物の濃度低減は確認されなかった。
- ④ ベンゼンの浄化速度は、60℃、40℃、20℃の順で速いことが確認された。
- ⑤ 小麦糠、米糠、とうきび糠、とうきび芯ともに40～60℃程度の昇温効果が確認された。