

平成 23 年 4 月 19 日

廃棄物資源循環学会「災害廃棄物対策・復興タスクチーム」

1. はじめに

津波廃棄物発生地域で採取した汚泥（以下、災害汚泥と称する）について、これらの化学組成等について化学分析等により調査を行っている。調査結果について、国内の規制基準値や参照指針値との比較を行いつつ、災害汚泥の性状について総合的に把握を試みており、本日までに得られている化学分析値（一般項目、油分、残留性有機汚染物質（POPs））について第2報を報告する。

2. 仙台市における災害汚泥採取箇所

仙台市における津波を受けた13地点（図1）において堆積している災害汚泥の表層部分をそれぞれ100g以上採取し、分析に供した（試料リストは表1に示す）。試料「汚泥13」は小学校校庭で採取し、同時に校庭の土壌試料を対照試料として採取した。



図1 災害汚泥試料採取地点

3. 分析項目

これまでに分析を検討し、実施しているものは下記の項目である。

(1) 一般項目

pH、乾燥減量（含水率）、強熱減量、電気伝導度

(2) 油分（n-ヘキサン抽出物質、全石油系炭化水素（TPH））

(3) ポリ塩化ビフェニル類（PCB）

(4) ダイオキシン類

(5) ペルフルオロ（オクタン-1-スルホン酸）（PFOS）及びペルフルオロオクタン酸（PFOA）

4. 分析結果及び考察

以下、(1)～(5)について分析結果及び関連規制基準値/参照指針値及び国内（仙台市内または近隣地域等）の分析既報値との比較を行った。分析結果一覧を表1に示す。

(1) 一般項目

強熱減量は、試料を高温で加熱（600℃、3時間）することにより失われる質量分を指し、揮発性物質、主に有機物の指標となる。底質の強熱減量に関する基準はないが、人為汚染の少ない良好な底質ではこの値が小さくなる。仙台塩釜港では、2地点でのデータ（2005年）が約10、15%となっており、東北沿岸域では相対的に高めの値となっている¹⁾。今回の試料では汚泥1, 2, 9, 10, 11が10%前後の濃度範囲となっており、その他の試料の数値は低くなっている。

小学校で採取した汚泥13に関しては、強熱減量は3.0%であり、対照の土壌試料（1.8%）と比較しても高い結果ではなかった。

(2) 油分（n-ヘキサン抽出物質、TPH）

n-ヘキサンにより抽出される不揮発性の物質の総称で、油分の指標の一つである。参考基準として、水産用水基準による底質の基準値が日本水産資源保護協会により提案されている（海域では乾泥としてn-ヘキサン抽出物質0.1%以下。0.1% = 1,000 ppm）²⁾。これは、水生生物保護のための環境の水質に関連する基準を示す項目の一つである。産業廃棄物処理業者の工場（油化工場）の近隣で採取された汚泥試料（汚泥9, 10）から0.1%を超える濃度が検出されている。特に汚泥9では9.8%と高い濃度となっている。損壊した油化工場の影響とみられるが、これら汚泥については、高温焼却など適正な処理が望まれる。他の試料については検出下限（500 ppm）未満となっていた。

小学校で採取した汚泥13に関しては、検出下限（500 ppm）未満であった。

TPHは、油分を炭素数C6～C44（ガソリン、軽油、残油の炭素範囲）の沸点範囲で定量したものであり、n-ヘキサン抽出物質とよく相関する結果が得られ、油分含有を裏付ける結果となっている。

(3) PCB

PCBに関する含有量基準値としては、PCBを含む底質の暫定除去基準値（10 mg/kg以上、公共用水域の水質汚濁、魚介類汚染等の原因となる汚染底質の除去等の基準）が挙げられる。また、特別管理産業廃棄物に当たらないとするPCB処理物の卒業判定基準値が廃油で0.5 mg/kg以下と定められている。

今回、仙台市内で対象とした災害汚泥13試料では、いずれも廃油の卒業判定基準値0.5 mg/kgを1桁以上下回るPCB濃度（範囲：0.00046～0.027 mg/kg、幾何平均0.0035 mg/kg、中央値0.0037 mg/kg）であった。ただし、災害汚泥試料間の濃度幅には2桁の開きがあり、採取場所による濃度のばらつきが

みられた。比較的高濃度が検出された試料は、汚泥 9 と 10 であり、それぞれ、0.027, 0.021 mg/kg であった。採取場所は、産業廃棄物処理業者（油化工場）の近隣であり、強熱減量及び n - ヘキサン抽出物質が高く検出された場所と同一であった。

また、小学校で採取した汚泥試料 13 については、PCB 濃度は 0.0009 mg/kg であり、汚泥試料の中では極めて濃度の低い値であった。対照土壌は、さらに 1 桁低い濃度（0.000048 mg/kg）であった。

参考として、環境省の実施した平成 21 年度モニタリング調査³⁾における仙台湾（松島湾）の底質の PCB 分析結果（3 検体）は、0.0051, 0.0050, 0.0051 mg/kg であった。また、同モニタリング調査における仙台湾（松島湾）底質の過去 5 年間（平成 17～21 年）の測定結果は 0.002～0.011 mg/kg であった。この濃度は、今回対象とした災害汚泥試料と比較してほぼ同レベルであると考えられる。

（４）ダイオキシン類

ダイオキシン類に関する含有量基準値としては、土壌中の環境基準（1,000 pg-TEQ/g、TEQ は 2,3,7,8 - テトラクロロジベンゾ - パラ - ジオキシンの毒性に換算した値）、土壌中の調査指標値（250 pg-TEQ/g：必要なモニタリングや調査を開始する値）、水底底質の環境基準（150pg-TEQ/g）が挙げられる。また、特別管理廃棄物のダイオキシン類含有廃棄物の判定基準値は 3,000 pg-TEQ/g（3 ng-TEQ/g）と定められている。なお、ここで取り上げた基準のうち、水底底質の環境基準はその他の媒体の基準と TEQ の算出方法が異なり*、表 2 では双方を示した。

仙台市内で対象とした災害汚泥 13 試料では、TEQ が土壌ベースで、範囲 0.23～78 pg-TEQ/g、幾何平均 14 pg-TEQ/g、中央値 14 pg-TEQ/g、底質ベースで範囲 1.4～79 pg-TEQ/g、幾何平均 19 pg-TEQ/g、中央値 15 pg-TEQ/g であった。これら 13 試料全てが、土壌及び水底底質の環境基準値を下回った。

ダイオキシン類の同族体組成は、ほとんどの試料で四塩化ジベンゾ-パラジオキシンと八塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシンが主要な同族体であり、一般的な土壌や底質でみられるパターンで、過去の農薬使用を反映しているものと考えられる。汚泥 9 のみ、ポリ塩化ジベンゾフラン同族体の割合が高かった。このようなパターンは火災や廃棄物焼却関連の試料でみられる。

なお、小学校で採取した汚泥試料 13 のダイオキシン類濃度は 9.5 pg-TEQ/g であった。対照土壌は、最も低い濃度（0.059 pg-TEQ/g）であった。

参考として、環境省が実施した過去 5 年間のダイオキシン類に係る環境調査結果（平成 17～21 年）⁴⁾における仙台市内の土壌のダイオキシン類濃度 0.00011～53 pg-TEQ/g と今回測定した濃度 0.23～78 pg-TEQ/g、また、同調査における宮城県内の海域底質の濃度 0.76～15 pg-TEQ/g と今回測定した濃度 1.4～79 pg-TEQ/g は、それぞれ、ほぼ同レベルであると考えられる。

* 一般の水底底質の場合は、それぞれのダイオキシン類異性体の定量下限以上の値と定量下限未満で検出下限以上の値はそのままその値を用い、検出下限未満のものは試料における検出下限の 1/2 の値を用いて各異性体の毒性等量を算出し、それらを合計して、毒性等量を算出する。水底底質以外は、定量下限以上の値はそのままその値を用い、定量下限未満検出下限以上の値と検出下限未満のものは 0（ゼロ）として各化合物の毒性等量を算出し、それらを合計して毒性等量を算出する。

（５）PFOS 及び PFOA

PFOS は、表面処理剤や界面活性剤として用いられた有機フッ素化合物であり、ストックホルム条約における残留性有機汚染物質として 2010 年に附属書に追加され、化審法第一種特定化学物質に指定されている。現在のところ、国内において底質や土壌における環境基準は設定されていない。その他の含

有量基準値としては、PFOS 含有廃棄物処理時における分解残さ（汚泥や焼却灰、飛灰など）の排出目標が検討されており、目安値が 3,000 ng/g（3 mg/kg）と試算されている⁵⁾。

災害汚泥 13 試料では、PFOS はいずれも分解残さの排出目標目安値を 2 桁以上下回る濃度（範囲：0.08～3.5 ng/g、幾何平均 0.61 ng/g、中央値 0.51 ng/g）であった。参考として、環境省の実施した平成 21 年度モニタリング調査³⁾における仙台湾（松島湾）の底質の PFOS 分析結果（3 検体）は、0.29, 0.31, 0.26 ng/g であった。また、同モニタリング調査における全国の底質の測定結果は、< 0.0037～1.9 ng/g であった。

PFOS の関連物質として、PFOA についても調査を行った。災害汚泥 13 試料では、0.023～0.54 ng/g（幾何平均 0.084 ng/g、中央値 0.089 ng/g）の PFOA が検出された。環境省の実施した平成 21 年度モニタリング調査³⁾における仙台湾（松島湾）の底質の PFOA 分析結果（3 検体）は、0.034, 0.047, 0.042 ng/g であった。また、同モニタリング調査における全国の底質の測定結果は、< 0.0033～0.5 ng/g であり、今回対象とした災害汚泥試料の PFOS と PFOA は一般の底質に比較してほぼ同レベルであると考えられる。

5 . 引用情報

- 1) 東北沿岸域環境情報センター URL

<http://tohokukankyoweb.pa.thr.mlit.go.jp/environment/sediment/kyonetsu.html>

- 2) 社団法人 日本水産資源保護協会水産用水基準(2005 年版) 平成 18 年 3 月

- 3) 環境省平成 21 年度モニタリング調査結果（平成 22 年度版化学物質と環境）

<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2010/index.html>

- 4) 環境省平成 17～21 年度ダイオキシン類に係る環境調査結果

<http://www.env.go.jp/chemi/dioxin/report.html>

- 5) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 PFOS 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項（改訂案）平成 23 年 3 月

表1 災害汚泥試料分析結果（性状及び一般項目）

試料名	地点の概要	性状	色	におい	分析結果			
					pH	含水率	強熱減量	EC
					-	wt%	wt%-dry	mS/m
汚泥1	高速道路を超えて沿岸部に向かう地点。田地に海水が入り込んでいる。	泥	茶グレー	土臭	6.7	48.6	9.6	724
汚泥2	沿岸部に近づいた地点で田地。海砂のようなものが数cm堆積している。	泥	黒グレー	土臭	7.1	57.4	11.3	960
汚泥3	隣の名取市へ向かう橋の手前で、津波の滞留場所と考えられる。引き波で戻ってきた廃棄物(自動車や家電、破碎家屋)が堆積している。	泥砂	茶グレー	土臭	8.1	34.0	4.9	83.7
汚泥4	集落(二木)が基礎を残しただけの姿になっている。物はほとんどない。津波で内陸へ向かって流れたか、引き波で海に流されたかと考えられる。薄く泥が積もっている。	砂	黒グレー	油臭	8.6	18.1	1.4	22.7
汚泥5	シュレッダーダストの山の周辺。様々な色をしている。	砂	茶グレー	油臭	7.7	34.4	4.6	121
汚泥6	シュレッダーダストの山の周辺。様々な色をしている。	泥砂	黒グレー	油臭、磯の臭い	7.3	35.1	5.8	524
汚泥7	シュレッダーダストの山の周辺。様々な色をしている。	砂	茶グレー	油臭	6.8	26.7	3.1	117
汚泥8	沿岸部に産業廃棄物処理業者(東北油化)あり。数百m先まで持ち込まれた処理対象の廃油ドラムなどが転がっている。周辺の堀などの水も油が浮いている。東北油化北側の堀部分で採取。	砂	黒	強い硫化水素臭、油臭、磯の臭い	7.3	28.5	3.7	265
汚泥9	沿岸部に産業廃棄物処理業者(東北油化)あり。数百m先まで持ち込まれた処理対象の廃油ドラムなどが転がっている。周辺の堀などの水も油が浮いている。東北油化北側の堀部分で採取。	砂	黒	強い油臭(他とは異なる油臭)、石油臭?	8.6	17.3	13.8	18.1
汚泥10	油化施設から数百m離れた地点の田地にて採取。	泥砂	黒	強い石油臭	6.9	62.6	15.7	1150
汚泥11	元々、沼地であったと思われる場所。津波が押し寄せ、廃棄物が堆積した様子が見られる。少し油の匂いがする。	泥砂	茶グレー	木くず臭	7.3	66.3	16.3	1210
汚泥12	汐見台という住宅地から見下ろすと、下の住宅地は全壊している。その手前の田地にて採取。	泥砂	茶グレー	田んぼ臭	7.4	45.2	8.8	349
汚泥13	市立岡田小学校。学校は床上浸水被害。既に重機で校庭堆積物を集積中で、堆積物の山等試料採取した。	泥砂	茶グレー	土臭	7.7	12.5	3.0	262
対照土壌(汚泥13と同地点)	市立岡田小学校。堆積物を除去した表面からさらに10-15cm下部を掘り進めて、深部の土壌を対照として採取した。	対照土壌(砂)	茶	土臭	8.2	10.0	1.8	14.1

表2 災害汚泥試料分析結果（油分及び残留性有機汚染物質）

試料名	分析結果						
	n-ヘキサン抽出物質	TPH (C6～C44)	PCB	ダイオキシン類		PFOS	PFOA
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	pg-TEQ/g*	pg-TEQ/g**	ng/g	ng/g
汚泥1	< 500	180	0.0048	78	79	0.73	0.12
汚泥2	< 500	180	0.0038	30	33	1.0	0.11
汚泥3	< 500	130	0.0018	9.1	11	0.44	0.075
汚泥4	< 500	< 100	0.00046	0.23	1.4	0.080	0.053
汚泥5	< 500	170	0.005	13	14	0.42	0.026
汚泥6	< 500	180	0.0043	14	15	0.51	0.30
汚泥7	< 500	140	0.0022	15	16	0.47	0.034
汚泥8	930	1000	0.0037	9.1	11	1.5	0.023
汚泥9	98000	70000	0.027	60	60	3.5	0.54
汚泥10	2300	1100	0.021	57	57	2.2	0.11
汚泥11	< 500	240	0.0027	5.0	12	0.42	0.089
汚泥12	< 500	200	0.0028	50	51	0.83	0.12
汚泥13	< 500	230	0.0009	9.5	10	0.15	0.051
対照土壌(汚泥13 と同地点)	< 500	< 100	0.000048	0.059	0.65	0.008	0.036

* 土壤環境基準に適用される方法により算定

** 一般の水底底質基準に適用される方法により算定