

# 津波堆積物処理指針（案）

平成 23 年 7 月 5 日

一般社団法人 廃棄物資源循環学会

## 目 次

はじめに .....	1
1. 総論 .....	1
1. 1 津波堆積物の取扱い .....	1
1. 2 津波堆積物の量 .....	2
1. 3 津波堆積物の組成及び性状 .....	4
1. 4 津波堆積物処理の基本的な流れ .....	7
1. 5 現地スクリーニング及びラボラトリー分析 .....	10
1. 6 津波堆積物処理に係る労働災害防止対策及び周辺環境の保全対策 .....	12
2. 撤去作業 .....	15
2. 1 撤去前の応急的対策の実施及び対策方法 .....	15
2. 2 掘削・撤去方法 .....	17
2. 3 搬出先の決定方法 .....	18
3. 収集運搬 .....	19
3. 1 収集運搬 .....	19
4. 保管及び中間処理場所における管理 .....	20
4. 1 搬入出の管理 .....	20
4. 2 搬入直後の保管 .....	22
4. 3 分別及び分別物の保管 .....	24
4. 4 集積場所における作業環境管理 .....	25
4. 5 集積場所における周辺環境対策 .....	26
5. 中間処理 .....	27
5. 1 中間処理の目標 .....	27
5. 2 中間処理方法 .....	28
6. 今後の予定 .....	31
<b>参考資料</b>	
津波堆積物の化学的性状について .....	33
<b>付録</b>	
平成 23 年度津波堆積物適正処理手法検討会 委員名簿 .....	47

# 津波堆積物処理指針（案）

平成 23 年 7 月 5 日  
廃棄物資源循環学会

はじめに

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災では、東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、陸上に土砂・泥状物等（津波堆積物）が大量に堆積している。津波堆積物処理指針（案）（以下、「本処理指針（案）」という。）では、この津波堆積物の適正な処理を確保するために必要な手順と留意事項を定め、発生地域や経路、組成、性状に応じた処理方法等を提示していくこととする。

## 1. 総論

### 1. 1 津波堆積物の取扱い

津波堆積物の主成分は砂泥であるが、津波堆積物は、海岸や港湾、市街地等における様々なものを巻き込んでおり、その性状、組成は一様でなく、人の健康や生活環境への影響が懸念される性状や組成のものが含まれる可能性がある。

#### 【解説】

津波堆積物は、津波を受けた被災地に残留した土砂や泥状物等であり、その主成分は、水底の砂泥等であるが、その性状や組成は多様であり、津波により倒壊した家屋等の残骸（以下、「残骸等」という。）と混然一体となったもの、油類を含むもの、腐敗、乾燥により臭気や粉じんの発生等が懸念されるものもある。また、被災地に立地する事業所に由来する農薬、酸、アルカリ等の有害な薬品等が混入している可能性もある。これらは放置されると、公衆衛生上及び生活環境保全上の懸念が生じるものと考えられる。

このように、東日本大震災における津波堆積物は、組成、性状が一様ではなく、これらは目視等では容易に判断できないことも考えられることから、取扱いに十分に注意を払うことが必要である。

## 1. 2 津波堆積物の量

津波堆積物の量は、津波浸水面積と津波堆積物の平均堆積厚及び体積重量換算係数を乗じて推定したところ、被災地域6県（青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県及び千葉県）で合計1,199～1,920万m<sup>3</sup>、1,319～2,802万トンと推計された。

### 【解説】

#### (1) 推定方法

津波浸水面積と津波堆積物（汚泥・土砂）の平均堆積高から津波堆積物の体積量を推定する。また、体積重量換算係数により津波堆積物の重量を推定する。

- ① 東北地方太平洋沖地震津波の再現計算による詳細浸水図（暫定値）（海岸工学委員会、村嶋（国際航業）、柳澤（東電設計））、浸水範囲概況図（国土地理院、平成23年東日本大震災に関する情報提供）を用いて、500m地域メッシュ上で津波浸水範囲を同定した。
- ② 津波堆積物の堆積高測定結果（測定日2011年3月26日、3月31日、4月16日、17日、18日、4月22日）より、平均堆積高を2.5cmから4cmとして設定した。
- ③ 500m地域メッシュ内は、平均堆積高 $h$  (m)の津波堆積物が堆積しているものとして、単位メッシュ当たり $k \times 462.5 \times 547 \times h$  (m<sup>3</sup>)の津波堆積物体積量として推定した。なお、補正係数 $k$ は、地域メッシュ内の浸水面積に対する補正係数である。つまり、地域メッシュにおいては、その地域メッシュ内に海洋が含まれている、あるいは津波による浸水がなかった部分も含まれていることから、津波浸水面積を補正するものである。
- ④ 推定された体積量に対して、汚泥の体積重量換算係数を用いて津波堆積物量を推定した。ここでは、体積重量換算係数として、国立環境研究所の測定結果である体積比重2.7g/cm<sup>3</sup>、含水率約50%を用いて、 $(2.7+2.7)/(1.0+2.7)=1.46$ より算出した1.46 t/m<sup>3</sup>、ならびに産業廃棄物管理票に関する報告書及び電子マニフェストの普及について（通知）『（別添2） 産業廃棄物の体積から重量への換算係数（参考値）』（環境省、2006）で示された汚泥1.10 t/m<sup>3</sup>を用いることとする。

#### (2) 推定結果

今回の被災地域6県で合計、1,199～1,920万m<sup>3</sup>、1,319～2,802万トンと推計された。県別では、青森県64～102万m<sup>3</sup>、70～149万トン、岩手県292～468万m<sup>3</sup>、321～683万トン、宮城県516～826万m<sup>3</sup>、568～1205万トン、福島県157～252万m<sup>3</sup>、173～368万トン、茨城県110～176万m<sup>3</sup>、121～257万トン、千葉県60～96万m<sup>3</sup>、66～140万トンとなった。

#### (3) 推定条件

- ① 堆積高の分布状況が把握できていないことから、ここでの推定手法においては、重要な原単位となる平均堆積高の推定が困難である。市街地の多くの地点では2～4cmの堆積高であったが、水田等や地域においては、10～20cm、また、45cmの観測結果もあることから、地域的には、堆積量は推定結果より大きくなることが考えられる。

- ② 堆積高の測定方法が確立されておらず、また、直後の測定ができていないため、測定結果が必ずしも堆積高の分布状況を把握できていないといえない。
- ③ 津波浸水域の特定が地域メッシュ（500mメッシュ）に依存しており、地域メッシュ推計の限界がある。今回の算定では、国土地理院での津波浸水範囲の推定結果より算定した補正係数  $k: 0.33$  を組み込んだが、海洋や津波が浸水していない地域では堆積量は推定結果よりも小さくなり、地域メッシュ全域が浸水している地域では堆積量は推定結果よりも大きくなることが考えられる。
- ④ 今後、市町村、集落単位での被災前の海浜（港湾施設・砂浜・砂洲）、防潮堤の被災状況、沿岸の土地利用を反映させた堆積量を推定することが必要である。また、市町村内の堆積量の分布を考慮する方法を検討することが必要である。
- ⑤ 今回の算定では体積量と重量を算出したが、体積重量換算係数は、観測値より推定された  $1.46\text{t/m}^3$ 、ならびに産業廃棄物管理票に関する報告書及び電子manifestの普及について（通知）『（別添2） 産業廃棄物の体積から重量への換算係数（参考値）』（環境省、2006）で示された汚泥  $1.10\text{ t/m}^3$  を用いた。しかしながら、体積重量換算係数は、時間経過や堆積土砂の圧密により変化すると考えられることから、どのような係数を用いるべきか検討することが必要である。

### 1. 3 津波堆積物の組成及び性状

津波堆積物は、津波により陸上に打ち上げられ残留した水底の砂泥を主成分とするものであるが、被災地の土地利用状況等によっては、様々なものが巻き込まれており、その組成や性状は多様である。津波堆積物の組成及び性状としては、以下に掲げるものが考えられる。

- ① 残骸等を含まず、清浄な砂礫等のみであるもの
- ② 残骸等は含まないものの有機物を含むもの
- ③ 残骸等を渾然一体として含むが有機物が含まれないもの
- ④ 残骸等を渾然一体として含みかつ有機物を含むもの
- ⑤ 事業所等が保有していた油類や薬品等が混入しているおそれがあるもの
- ⑥ 陸上等から流れ込み海底に堆積した有害な化学物質や有機物を含む可能性があるもの

注：「有機物を含む」とは、熱しゃく減量で概ね5%以上とする。なお、迅速な判断が必要な場合は、目視による観察、温度の計測、臭気の確認も有効である。

#### 【解説】

津波堆積物の組成及び性状は、主に被災した地域の土地利用状況及び津波が巻き上げた水域の底質の状況により変化する。土地利用としては、自然海岸のような人為的工物物が立地していない地域か、港湾のように宅地や事業所が立地しているか等によって津波堆積物の組成や性状が異なると考えられる。また、水域の特性も性状等に影響を与えると考えられ、開放的水域であれば、砂礫中心の堆積物となり、閉鎖性水域や河口域では、有機物の多い泥状物が主体となることが考えられる。

①から⑥は、津波堆積物の組成や性状について、残骸等を含むか、有機物を含むか及び有害物質を含むかという観点から分類したものである。

残骸等が含まれるかについては、撤去作業における施工計画を検討する際に重要となる。倒壊した家屋や家財等の残骸は概ね目視で確認できる。

有機物は、腐敗性有機物及び油類の指標として重要と考えられる。腐敗性有機物は放置すると腐敗し、臭気の発生や病原菌の増殖が懸念され、油類には人の健康へ影響を及ぼす有害物質が含まれることがある。ここでは熱しゃく減量で概ね5%以上のものを「有機物を含む」ものとして腐敗性有機物や油類含有の留意が必要であるとした。これは、廃掃法施行令第6条第1項第3号に規定される産業廃棄物の埋立処分の基準における安定型最終処分場に関する個別基準に示される基準を引用したものである。ただし、熱しゃく減量については、在来の土壌等に含まれる有機物等との区分は慎重に行う必要がある。なお、迅速な判断が必要な場合は、目視による観察、温度の計測、臭気の確認も有効である。

有害物質を含むかについては、基本的には化学分析を行う必要があるが、被災地の土地利用状況から予察が可能である。特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律に基づくPRT R届出施設が立地する場合は、当該事業所で取扱われていた化学物質を確認することにより有害物質含有の可能性を評価することができる。P R

TR届出施設については、環境省ホームページ等<sup>\*</sup>から確認できる。

※ <http://www.env.go.jp/chemi/prtr/kaiji/index.html>

津波堆積物の性状については、被災前の陸域の状況から推定することが可能と考えられるため、津波堆積物が残留分布する地域について、震災以前の土地利用や立地していた施設等の特性を基に、津波堆積物に内在するリスクに応じたゾーニングを試みに行った。津波堆積物の性状判断及び撤去、処理を迅速に進めるためには、このようなゾーニングの実施とその情報を利用することが有効である。

今回の震災により生じた津波堆積物（岩手県、宮城県で採取した62試料）の化学的性状の概要を以下に示す（参考資料 参照）。

密度については約  $2.7 \text{ g/cm}^3$ （真比重）であり一般的な土壌と違いがない。pHについては、ほぼ7.0から9.0の間にあるが、採取試料によっては強酸性、アルカリ性を示したものもあった。電気伝導率については、塩分の指標として位置づけられるが、堆積物によって数  $\text{mS/m}$  から  $5,000 \text{ mS/m}$  を超えるものまで幅があり、津波を受けた後も降雨による脱塩や海水中の浸漬等による様々な影響を受けているものと考えられる。

熱しゃく減量（試料を高温で加熱（ $600^\circ\text{C}$ 、3時間）することにより失われる質量分）は主に有機物の指標となるものであるが、1.2%から16.3%まで広い幅があった。多くは、海底泥の有機物に由来するものと考えられるが、油分の影響を受けている試料も散見された。その油分については、ノルマルヘキサン抽出物質、全石油系炭化水素（TPH）について調査しており、ノルマルヘキサン抽出物質として0.1%を超えたものが幾つかあり、高いものでは9.8%を示した油泥もあった。

ダイオキシン類やPCB、POPs農薬類をはじめとする残留性有機汚染物質については、採取地点による濃度のばらつきはあるが、含有量基準値（例えば、PCBではPCB処理物の卒業判定基準値、ダイオキシン類では土壌や水底底質中の環境基準値、その他の物質では設定されている参照指針値等）を超過するものはみられていない。規制基準値や指針値との比較のみならず、環境省が近年実施している近隣水域、地域における環境モニタリング調査（底質や土壌）の結果と比較しても概ね同じレベルにあると判断された。

重金属類に関しては、土壌汚染に係る環境基準（溶出量、含有量）、土壌汚染対策法の特定有害物質に係る指定基準（溶出量、含有量）、廃棄物の埋立処分に係る判定基準（溶出量）、水底土砂に係る判定基準（溶出量）が定められている。重金属類の含有量は、多くの項目で不検出であったが、鉛が  $\text{mg/kg}$  の範囲で多くの試料から検出された（土壌汚染対策法に係る土壌含有量の指定基準値  $150 \text{ mg/kg}$  を下回るものがほとんどであったが、1試料のみ  $680 \text{ mg/kg}$  検出された）。また、砒素が2試料、カドミウムが1試料、ふっ素が1試料から検出されたが、指定基準値を超過していなかった。重金属類の溶出量（環境省告示第46号に準拠する方法）は、鉛、砒素、ふっ素、ほう素の4項目について土壌汚染に係る環境基準値を超過する事例がみられた。鉛と砒素の溶出基準超過については、自然由来も考えられ、一概に汚染があると判断することはできなかった。ふっ素、ほう素は、海水中の濃度

が高く、海水の影響があった可能性がある。廃棄物の埋立処分に係る判定基準（環境省告示第13号に準拠する方法）についても、鉛が2試料において基準値（0.3 mg/L）をやや超過していたが、その他は問題のないレベルであるといえた。

以上は62試料と限定的な調査結果からの考察であるため、今後詳細な調査が期待されるが、現時点では特段の汚染は見られていないといえる。



## 1. 4 津波堆積物処理の基本的な流れ

津波堆積物処理の流れは、図1に従いその組成や性状から判断するものとする。処理の流れを判断する手順は、以下のとおりとする。

- (1) 机上における地域特性等を利用したゾーニング（エリア区分）
- (2) 目視観察、現場スクリーニング等によるカテゴリー分類
- (3) カテゴリーに応じた中間処理及び有効利用の適用

### 【解説】

津波堆積物の迅速かつ適切な処理を進めるためには、その組成や性状に応じた処理の流れを適用することが必要である。このため、図1に示す流れで処理を行うものとする。

#### (1) 机上における地域特性等を利用したゾーニング（エリア区分）

ゾーニングにより、津波襲来地をエリアⅠ（非汚染エリア）、エリアⅡ（汚染可能性エリア）、エリアⅢ（汚染エリア）の3つのエリアに区分することとする。エリアの当てはめは、地域特性及び現地確認により推定するものとする。なお、当該地の土地利用や施設の立地状況等の地域特性を利用する方法もある。

##### (ア) エリアⅠ

エリアⅠは、地域特性及び現地確認の結果から、残骸等や有害物質等を含まない清浄な砂礫類と考えられる地域が該当する。

##### (イ) エリアⅡ

エリアⅡは、地域特性及び現地確認の結果から、残骸等を含み、有機物、有害な化学物質及び危険物を含む可能性があるとして判断された地域が該当する。

##### (ウ) エリアⅢ

エリアⅢは、地域特性及び現地確認の結果から、P R T R届出施設が被災している等、有害な化学物質や危険物を含む可能性が高いと判断された地域が該当する。

#### (2) 目視観察、現場スクリーニング等によるカテゴリー分類

##### (ア) エリアⅠ

エリアⅠでは、目視観察により残骸等が含まれずかつ被災した自動車等からの油流出や水域からの有機物を含む泥状物等が混在していないことを確認し、清浄な砂礫等のみである場合は、カテゴリーAに分類する。残骸等を含む場合は、現地スクリーニングを実施し、カテゴリーB又はカテゴリーCに分類する。

##### (イ) エリアⅡ

エリアⅡでは、現地スクリーニングを実施し、カテゴリーB又はカテゴリーCに分類する。

##### (ウ) エリアⅢ

エリアⅢでは、カテゴリーD又はカテゴリーEに分類する必要があるが、この判断は集積場所にて行うものとする。

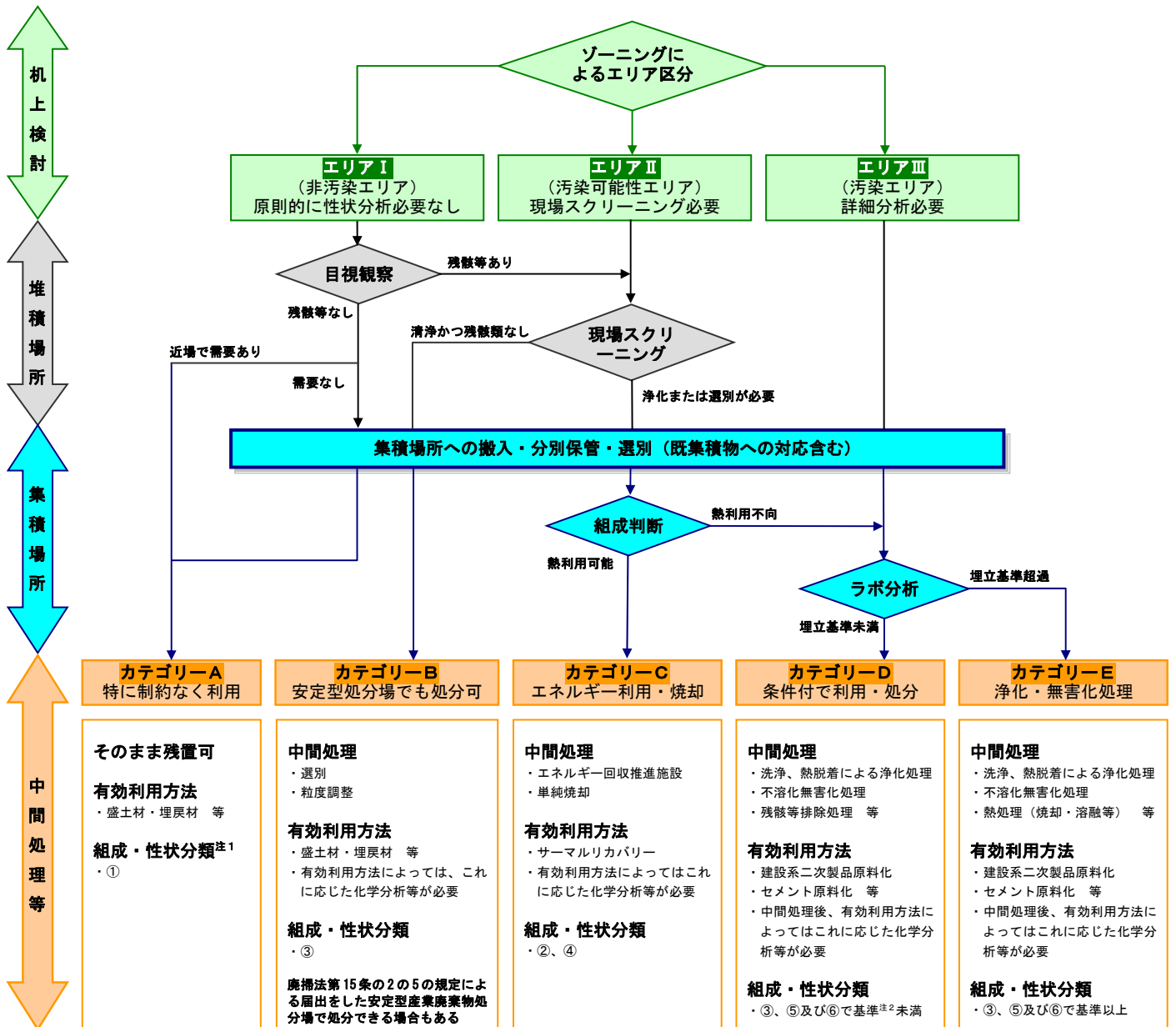
### (3) カテゴリーに応じた中間処理及び有効利用の適用

エリアⅠの津波堆積物には、生活環境及び人の健康への影響が懸念される化学物質等は含まれていない可能性があり、目視観察の結果により、清浄な砂礫類のみであればそのまま有効利用が可能である（カテゴリーA）。原則として性状分析等による確認は不要であるが、津波堆積物の状況に応じて、必要と判断された場合は、確認を行うものとする。また、エリアⅠの堆積物は、撤去後、ストックヤードである集積場所に運搬、保管されるが、有効利用先の状況によっては、堆積場所から直接、有効利用先に運搬することも可能である。また、堆積場所の土地利用状況によっては、そのまま残置も可能である。なお、エリアⅠの堆積物であってカテゴリーAに分類されるものについては、有効利用ができずに海洋投入処分を行うことも考えられるが、海洋投入処分については、集積場所の状況及び堆積場所における掘削撤去の緊急性等を踏まえ、地域関係者参加のうえ排出海域を含め十分な検討を行うとともに、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（以下、「海洋汚染防止法」という。）に基づく手続きに従って関係者の理解を得つつ判断することが必要である。

エリアⅡは、地域特性及び現地確認の結果から、残骸等を含み、有機物、有害な化学物質及び危険物を含む可能性があるとして判断された地域が該当する。このエリアの津波堆積物が生活環境や人の健康への影響に留意すべき性状であるかについては、現地での簡易測定等による現場スクリーニングを行い判断することが必要である。有害物質や有機物、石綿等が含まれず、コンクリートの破片や廃プラスチック類等の安定型産業廃棄物に該当するものについては、廃掃法第15条の2の5の規定による届出をした安定型産業廃棄物処分場で処分することも可能である場合がある（カテゴリーB）。なお、カテゴリーBでは、有効利用先の状況に応じて必要な化学分析を行うことが必要となる。

取扱いに注意が必要と判断された場合は、集積場所へ運搬し、適切な分別を行い保管する。目視等により、有機物を多く含み、焼却処理が可能とみなせるものはエネルギー利用施設等で焼却処理を選択することも考えられる（カテゴリーC）。これ以外については化学分析を行い、無害化処理が必要と判断されたものについては、適切な処理施設により無害化処理等を行い、再利用等を図る（カテゴリーD）。また埋立基準を超過する等のものについては、浄化处理、熱処理等を行う（カテゴリーE）。なお、海洋投入処分の許可対象となり得る水産物であって、腐敗等により、放置すると公衆衛生上又は生活環境保全上、重篤な影響が発生することが想定されるものについては、海洋汚染防止法に基づく手続きを行ったうえで緊急的に海洋投入処分が行われたケースもある。

エリアⅢは、地域特性及び現地確認の結果から、有害な化学物質や危険物を含む可能性が高いと判断された地域が該当する。集積場所へ運搬し、適切な分別の後、化学分析を行い、無害化処理が必要と判断されたものについては（カテゴリーE）、適切な処理施設により無害化処理を行う。これ以外のものについては（カテゴリーD）、性状や量に応じて有効利用等を行う。



**注1：組成・性状分類**

- ① 残骸等を含まず、清浄な砂礫等のみであるもの
- ② 残骸等は含まないものの有機物を含むもの<sup>\*</sup>
- ③ 残骸等を渾然一体として含むが有機物が含まれないもの
- ④ 残骸等を渾然一体として含みかつ有機物を含むもの
- ⑤ 事業所等が保有していた油類や薬品等が混入しているおそれがあるもの
- ⑥ 陸上等から供給され海底に堆積した有害な化学物質や有機物を含む可能性があるもの

<sup>\*</sup>「有機物を含む」とは熱しやく減量で概ね5%以上とする。なお、迅速な判断が必要な場合は、目視による観察、温度の計測、臭気の確認も有効である。

**注2：基準**

廃掃法施行令第6条第1項第3号に規定される埋立処分を行う場合に関する基準

図1 津波堆積物処理の基本的な流れ<sup>1)</sup>を基に加筆

## 1. 5 現地スクリーニング及びラボラトリー分析

津波堆積物のカテゴリー分類を決定するために、堆積現場における現地スクリーニング及び集積場所に運搬された後のラボラトリー分析を実施するものとする。

### 【解説】

#### (1) 津波堆積物の留意すべき組成、性状の例

留意すべき組成、性状としては、撤去や処分に際してのハンドリングや分別作業に影響を与える粗大物等の存在、臭気や公衆衛生上の影響因子である腐敗性有機物の存在、環境や健康リスクに影響する化学物質等の存在があげられる。

#### (2) 津波堆積物のカテゴリー分類のための組成、性状調査方法

##### (ア) 堆積場所における調査

堆積場所において調査すべき事項は、つぎのとおりとする。堆積場所における調査は、精度、時間等の制約があることから、基本的には、エリアⅡにおいて、エリアⅠとして取扱うことが可能であるかを判断するために実施する。また、速やかな災害復旧に資するためには、迅速かつ簡易に実施できる調査方法により実施する。

##### 【堆積場所において調査すべき事項（現地スクリーニング）】

- ・ 残骸等、倒木等の堆積物への混入度合い（目視、試験掘削）
- ・ 温度（温度計）
- ・ 色（目視）
- ・ 臭気（異臭、油臭）
- ・ 油膜の存在（目視）
- ・ 水素イオン濃度、電気伝導率、含水率（ポータブル測定器）
- ・ 簡易化学分析（可搬型蛍光X線分析装置等）

##### 【調査頻度】<sup>2)</sup>

- ・ ひとつのエリアとみなせる範囲毎に、概ね、900m<sup>3</sup>毎に1検体（堆積厚を10cm程度とすれば、10,000m<sup>2</sup>毎に1検体）。ただし、これ以下のエリアについてもエリア毎に1回の調査を行うものとする。

##### (イ) 堆積場所におけるエリア範囲を特定するための調査

堆積場所においては、掘削作業の円滑化と誤判断の防止を図るため、エリアの確認とともに、当該エリアと均質とみなせる津波堆積物の範囲を特定することが必要である。この調査は、エリアⅡにおいて、直接、有効利用できる範囲と、集積場所に運搬したうえで適切な分別や処理が必要となる範囲を区分する際に特に重要となる。当該エリアの範囲を特定するための調査方法例は、つぎのとおりである。

##### 【エリア範囲を特定するための調査方法例】

- ・ 地形や土地利用による予察
- ・ 現地での目視観察による区分（色、油膜、臭気、混入物等）

### (3) 集積場所における調査（ラボラトリー分析）

集積場所において調査すべき事項は、つぎのとおりとする。集積場所における調査は、主に、エリアⅡ及びエリアⅢから搬入され、適切に分別された津波堆積物のうち、泥状物及び土砂を対象に行うもので、中間処理方法を判断するための情報を得ることが目的となる。なお、ここに例示された項目以外についても、必要に応じて確認を行うことが必要である。

#### (ア) 集積場所において調査すべき事項

- ・組成（目視によって確認できる粗大物の種類、危険物、腐敗物等）
- ・化学物質（土壤汚染対策法に規定する指定基準、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課長通知による建設混合廃棄物の熱しゃく減量、海洋汚染防止法による水底土砂の廃棄に係る判定基準、陸上で発生する建設汚泥を海洋投入処分する際の基準等）
- ・その他（含水率、粒度分布、油膜、臭気、色、流動性等）

#### (イ) 調査頻度<sup>2)</sup>

- ・概ね、900m<sup>3</sup> 毎に1検体。ただし、これ以下のロットについてもロット毎に1回の調査を行うものとする。

## 1. 6 津波堆積物処理に係る労働災害防止対策及び周辺環境の保全対策

津波堆積物には、様々な化学物質等が含まれる可能性があり、その除去作業や中間処理作業等に係る作業者の健康管理については、万全の対策を講ずる必要がある。このため、労働安全衛生法や関係法令に従って安全管理を実施する他、1. 5で行った現地スクリーニング及びラボトリー分析によるカテゴリー分類の結果に応じて、適切な保護具の選定や衛生管理体制をもって実施する必要がある。

また、作業現場において発生した粉じん等により、周辺地域に生活する人の健康や生活環境上に支障が生じないように配慮し、必要な措置を講ずることが必要である。

### 【解説】

#### (1) 津波堆積物処理に係る労働災害防止対策<sup>3)</sup>

津波堆積物には、廃油、廃酸・廃アルカリ、廃薬品、廃農薬、アスベスト等の有害な化学物質や病原菌が混在する可能性がある。このため、作業従事者の健康管理を行ううえで以下の事項を適切に実施する必要がある。

- ① 津波堆積物処理に際しては、粉じん曝露量を低減・防止するため、適切な防じんマスク及び防護メガネを着用する。
- ② 作業に適した手袋を着用し、必要に応じてナイロン手袋を重ねて着用する。
- ③ 作業着は、埃を吸着しないナイロン製の素材を着用する。
- ④ 釘等の踏み抜きを防止するため、工事用の安全靴を着用する。
- ⑤ 状況に応じて、酸素濃度、硫化水素等が検知できるポータブルガス検知警報機等を装備する。
- ⑥ 作業に先立ち、粉じんが発生しないよう散水を行う。
- ⑦ 作業場所には、消毒キット、洗浄水を常備するとともにシャワー設備等を設置し、怪我等に備えるとともに、作業終了後はエアシャワー等にて作業服等の埃を洗い落とし、清潔な服装に着替えて退場する。
- ⑧ 保護具は日常点検を実施して清潔に管理するとともに、使い捨てのものは決められた場所や容器に集めて処分する。
- ⑨ 作業現場毎に衛生管理の担当者を選任し、作業員の衛生及び健康の管理を行う。

作業員における労働災害防止対策として最も励行すべきは、防じんマスクの着用である。防じんマスクには、表1に示すように、粉じんの種類や作業内容に応じて適合する規格が定められており<sup>4)</sup>、津波堆積物の性状等に応じて、これらの着用を励行するものとする。

また、津波堆積物には、残骸等が混在している場合がある。これらは、撤去現場において適切に分別する必要があるが、重機が使用できない現場では人力による作業を行うこととなる。このため、釘等による怪我や残骸等の倒壊の危険があることを踏まえ、十分な労働安全対策を講ずることが必要である。

表1 粉じん等の種類・作業内容と使用すべき防じんマスクの国家検定区分<sup>4)</sup>

粉じん等の種類・作業内容	使用すべき防じんマスク	
	オイルミストあり	オイルミストなし
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダイオキシン類の曝露のおそれがある作業</li> <li>・放射性物質による汚染が懸念される作業</li> <li>・その他上記作業に準ずる作業</li> </ul>	RL3	RS3 RL3
<ul style="list-style-type: none"> <li>・管理濃度*が0.1mg/m<sup>3</sup>以下の粒子物質**を発生する場所における作業</li> <li>・金属ヒュームが発生する溶接・切断等の作業</li> <li>・その他、上記作業に準ずる作業</li> </ul>	DL2 DL3 RL2 RL3	RS2 RS3 DS2 DS3 RL2 RL3
<ul style="list-style-type: none"> <li>・その他、上記以外の粉じん作業</li> </ul>	Lタイプの 防じんマスク	全ての 防じんマスク

\* 作業環境管理を進める過程で、有害物質に関する作業環境の状態を把握するために、作業環境測定基準に従って単位作業場について実施した測定結果から当該単位作業場所の作業環境管理の良否を判断する際の管理区分を決定するための指標

\*\* 石綿、カドミニウム、クロム酸、重クロム酸、鉛及びその化合物

## (2) 津波堆積物処理に係る周辺環境の保全対策

津波堆積物の撤去、集積場所においては、粉じん、悪臭、騒音等が発生し、これらが周辺地域の生活環境上の支障となることが考えられる。このため、作業開始前には、地域住民等に対する工事説明を行うとともに、進捗状況についても掲示版等で周知を図る等、地域とのコミュニケーションを構築することが必要である。そのうえで、散水の励行、現場周辺に仮囲いを設置する等の対策を講じていくことが必要である。

周辺環境保全のためには、以下の措置を実施することが考えられる。

- ① 作業現場では、粉じんや臭気が拡散しないよう適切に散水や防臭剤の散布を行う。
- ② 住宅地等に向かう強い風があるときは、作業内容を検討するとともに、必要に応じて仮囲いを設置する等により、粉じんの飛散防止に努める。
- ③ 工事車両や収集運搬車両の出入口には、泥落としのためのタイヤ洗浄装置を設置する。
- ④ 作業開始前に、作業計画を地域住民等に周知するとともに、作業中においても進捗状況を掲示する等により、周辺住民とのコミュニケーションを確保する。

## (3) 対応例<sup>5)</sup>

津波堆積物の取扱いに関して労働災害防止対策及び周辺環境の保全対策を計画した例としては、相馬市におけるヘドロ健康障害対策システムがある。このシステムでは、堆積したヘドロにより懸念される健康障害として、以下の①から④が示されている。

- ① 感染症  
細菌感染、真菌感染、ウイルス感染、蚊や蠅等を媒介とする病原体感染等による肺炎や腸炎、菌血症、破傷風等の諸症状
- ② 化学物質による悪影響  
ヘドロと生活物質、化学物質等が混じり合うことによる予測不可能な化学反応等
- ③ ヘドロ粉じん飛散による呼吸器系障害
- ④ 市民生活領域のヘドロ腐敗による衛生状態の悪化

このような懸念を踏まえ、堆積物の撤去・集積を行う作業領域と市民が生活を営む生活領域とを区分するために、図2に示すゲートシステムの構築が計画されている。このシステムは、作業領域の粉じん等を生活領域に持ち込まないためのものであり、地域毎に作業現場をユニットにまとめ、ユニット毎にゲートを設置する。作業開始時と作業終了時にはこのゲートをくぐることにより、生活領域と作業領域を区分するものである。

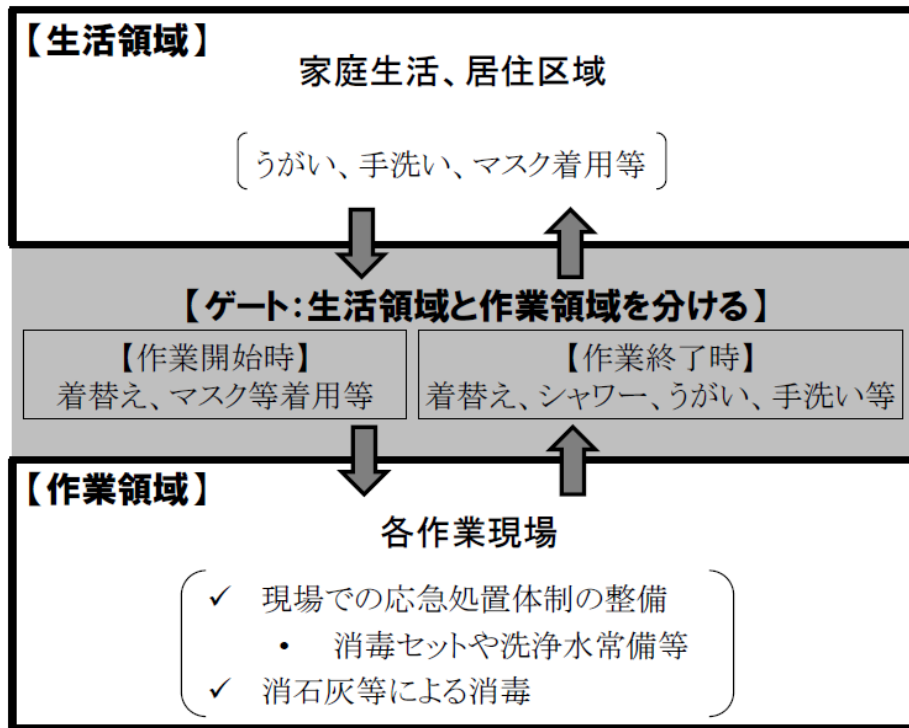


図2 相馬市におけるへドロ健康障害対策システムの概要<sup>5)</sup>



## 2. 撤去作業

### 2. 1 撤去前の応急的対策の実施及び対策方法

津波堆積物のうち有機物を含むものは、長時間放置すると腐敗が進行し、臭気が発生する等のおそれがある。また泥状物については、乾燥により粉じんの発生が懸念される。

このような津波堆積物の迅速な撤去が困難である場合においては、消石灰等の薬剤を散布・混合する等の応急的対策を講じるものとする。

#### 【解説】<sup>1)</sup>

##### (1) 応急的対策の必要性

津波堆積物のうち、特に有機物や泥状物を含む堆積物については、長期間、放置しておくとも病原菌が増殖したり、腐敗が進行して臭気が発生し、また乾燥により粉じんが発生する等、周辺地域の人の健康や生活環境保全上の支障となるおそれがあることから、速やかな撤去を行うことが望ましい。しかし、泥状の堆積物は流動性が高く作業効率が低いこともあり、大量かつ広範囲に分散するものを短期間に全て撤去することは困難である場合が考えられる。

このため、腐敗や乾燥による粉じん発生が進行するおそれがある堆積物については、撤去の前に応急的に腐敗や粉じん発生を防止するとともに、団粒化による作業性向上のための応急的対策を講じるものとする。なお、堆積物に飛散性アスベストや揮発性有害化学物質が含まれる可能性がある場合は、直ちに応急的対策を講じるとともに、速やかな撤去を行うことが必要である。

##### (2) 応急的対策

###### (ア) 土壌改良資材

応急的対策においては、対象堆積物に対して、適切な土壌改良資材を散布・攪拌することにより、消毒及び臭気吸着、粉じん対策を行うものとする。

資材の調達しやすさ、調達に要する時間、現場の状況に適合した施工資材の調達を含めた施工性、求める効果の発現性・継続性（予備試験の実施による確認）及び経済性等を勘案し、現場状況に応じて適宜組み合わせ、人力や重機で散布・混合する。消石灰、ゼオライト、セメント系改良剤、鉄鋼スラグ等の利用が考えられる<sup>6)</sup>が、いずれも予備試験を行い、目的が達成できる配合割合を決定することが望ましい。

ただし、泥状物の有機物濃度が高い場合は高アルカリ化によってアンモニアが発生し、泥状物の中に長期に残留することも生じる場合があり、予備試験において確認する必要がある。

###### (イ) 施工方法

対象堆積物への土壌改良資材の混合にあたっては、以下の点に注意が必要である。

- ① 作業時には防じんマスク及び防護メガネを着用する。
- ② 予備試験を行い、混合状況やアンモニア発生等確認する。
- ③ 消毒を急ぐ場合、消石灰を表面に十分に散布する。散布時には粉じんが発生することもあるため周辺の作業状況や家屋の位置、風向き等に注意する。

- ④ 臭気発生防止としては、その状況に応じてゼオライトや消臭剤等を散布する。
- ⑤ その後の搬出を容易にするために、つぎの要領で十分に資材と混合する。
- ・乾燥により粉じんが発生している場合は散水しながら行う。
  - ・搬出の目処が不明の場合は、固まりすぎに注意すること。
  - ・処理後、十分固化するまでに数日～1週間程度を要すると思われるが、運搬に支障がなければ途中で搬出しても良い。
  - ・配合（水や資材の混合割合）は、熟練者による試験練りを行って決定することが望ましい。
  - ・いずれも重機等の利用可能性によって作業性は大きく異なるので、作業計画立案時に注意すること。

(ウ) 作業手順

現地での作業手順としてはつぎの方法が考えられる。

- ① 人力等により混在する残骸等を撤去する。パワーショベル、バックホウ等の重機が利用できる場合は、底部がマス目状になったスケルトンバケットの利用も効率的である。
- ② 重機が入れる場所ではフレコン詰め資材のバックホウによる散布と混合（図3）の他、耕耘機による混合も有効である。
- ③ 重機の入れない狭隘地では20kg袋詰め資材の人手散布、耕耘機による混合（耕耘機がなければ人手による混合）を行う。

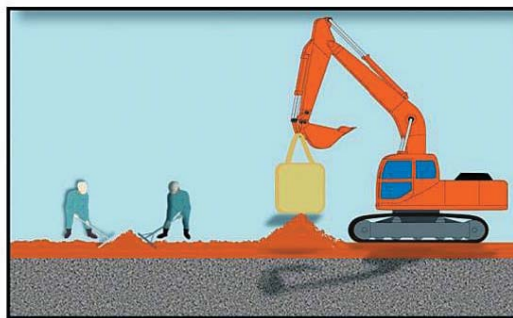


図3 重機による作業のイメージ

## 2. 2 掘削・撤去方法

津波堆積物の掘削・撤去方法は、堆積場所の広さ、堆積厚、土地利用状況及び堆積物の組成、性状に応じて決定するものとする。基本的な掘削・撤去作業の流れはつぎのとおりである。津波堆積物は薄く堆積しているものが多く、重機による掘削、かき寄せが困難となることが想定されるため、施工方法や工期の設定には留意が必要である。

- ① 人力、重機による粗大物等の撤去、分別
- ② 人力、重機による掘削又はかき寄せ・集積
- ③ 重機を用いた運搬車両への積込み

### 【解説】

津波堆積物は堆積状況の広がりや土地の利用状況によって、農地（水田・畑地）、水路、水没地、市街地（民家・道路・公園・学校等）等さまざまであり、かつ堆積厚も一様ではない。大型の建設機械（油圧ショベル等）を投入して掘削・撤去するには不向きな5～10 cm程度の厚さの場所が多く、人力で集積したものを重機で搬出する作業が必要である。油圧ショベル等の重機による掘削・撤去においては、20～30%程度の余分な撤去が生じるおそれがあるので、撤去数量等の計画にあたっては留意する必要がある。

市街地や狭隘地等での人力を主とした撤去作業では、大型土のう（フレコンバック等）や土砂用バケツに収容して粉じん発生を防止し、これらをユニック車で収集して集積場所へ運搬する方法が考えられる。

水没地や農地で泥状になったものを撤去する際には、湿地用ブルドーザーを用いてかき寄せてからキャリアダンプ（キャタピラ付き小型運搬車）で収集する方法が考えられる。

## 2. 3 搬出先の決定方法

津波堆積物は、その組成や性状が多様であることから、事前に組成や性状に関する調査を行うとともに、それぞれの性状等に応じた搬出先を決定することが必要である。

また、撤去作業途中において、事前調査から想定した性状とは異なる性状が露呈する可能性もある。現場においては的確な性状判断を行うための資材やマニュアルを常備するとともに、堆積物の性状を管理するための人員を確保しておくことが必要である。あわせて、想定外性状の堆積物の搬出先についても判断ができるよう、廃棄物管理部局との情報共有が図られていることが必要である。

現場で行う選別等に応じて、簡易型トラックスケール等の利用により、選別物毎、搬出先毎の重量管理を行うことが望ましい。

### 【解説】

津波堆積物の搬出先としては、基本的には、市町村における一次集積場所であるが、組成や性状によっては、直接、有効利用先に運搬することも有効である。また、逆に、無害化等の中間処理が必要と考えられる堆積物については、直接、無害化処理施設へ搬出することも考えられる。また、運搬の効率性を考慮した搬出先の選択も必要となる。搬出計画を策定するための手順例を以下に示す。

- ① 対象堆積物の組成、性状の確認、撤去段階での選別方法、選別物種類の検討及び選別種類に適合する搬出先のリスト化
- ② 積み替え運搬を考慮した運搬効率性の検討
- ③ 撤去作業中に想定外の性状が確認された場合の搬出先決定チャートの作成

また、撤去現場においては、廃棄物の分別や特徴づけは発生源において行うことが最も効率的である点を踏まえ、常に対象堆積物の性状等について管理を行うことが必要である。現場で比較的簡易に確認できる管理項目としては、異物の混入状況、色・臭気の状態、油膜の有無、温度変化、水素イオン濃度等とする。なお、搬出先毎の搬出量についても、重量の管理を行うことが望ましく、移動や設置が容易な簡易型トラックスケールの整備・活用が有効である。

### 3. 収集運搬

#### 3. 1 収集運搬

収集運搬時の飛散、流出及び暴露を防止する観点から、津波堆積物の性状等を踏まえた収集、運搬方法の選択が必要である。

#### 【解説】

収集運搬時の飛散、流出及び暴露を防止する観点から、津波堆積物の性状等を踏まえ、以下の事項に留意する必要がある。

- ① 撤去現場において選別された残骸等には、事業活動に用いられた廃薬品や廃油等の有害物や危険物が含まれることが考えられる。また、含水率の高い泥状物もあることから、対象堆積物の組成や性状を確認したうえで、必要となる運搬資材を選定する必要がある。性状によっては、耐久性を有する不織布製バックや損傷しにくいコンテナ等の容器に入れることも検討する必要がある。
- ② 長期間放置された堆積物には、臭気や粉じんを発生させる性状となったものもあると考えられることから、積込みや積下ろしにあたっては、これらが飛散しないよう注意深く取扱う必要がある。なお、積込みや運搬作業にあたっては、交通法規の他、「建設工事公衆災害防止対策要綱」（建設省経建発第1号、平成5年1月12日）等を参考に、作業員や周囲の安全確保を図ることが必要である。
- ③ 津波堆積物は量が多くかつ短期間で処理を終える必要があることから、本格的な撤去作業が始まると、大量の運搬車両が走行することになる。このため、騒音、振動の防止や交通の安全の確保には最大限の注意を払うとともに、運搬ルートや運搬時間に関しても住宅街、商店街、通学路、狭い道路を避ける、混雑した時間帯や通学通園時間を避ける等、関係機関等との調整を行いつつ適切な計画を立案することが必要である。

#### 4. 保管及び中間処理場所における管理

##### 4. 1 搬入出の管理

集積場所では、津波堆積物の搬入出状況の管理と記録を行い、この記録簿は当該堆積物が搬入又は搬出された日から5年間保存するものとする。

###### (1) 搬入管理

搬入管理は、津波堆積物管理票により管理する。搬入管理用伝票は、除去場所、除去数量、除去作業や運搬者を把握し、重量計量を行うことを原則とするが、計量機器がない場合は搬入車両の積載容量を重量に換算して管理する。搬入管理用伝票は、津波堆積物撤去作業及び集積場所管理者の作業量や実績の根拠であり、また、費用の支払い根拠の伝票となるため、搬入者と受取る集積場所管理者は厳正に管理しなければならない。

###### (2) 搬出管理

集積場所で分別された分別物を他の場所へ搬出する場合に、分別種類毎に搬出量、搬出先を管理し、適正に処理処分や再利用されたことを確認するため、搬出管理用伝票を用いるものとする。搬出管理用伝票は集積場所管理者の作業実績の根拠であり、また、費用の支払い根拠の伝票となるため、排出者と集積場所管理者は厳正に管理しなければならない。

#### 【解説】

##### (1) 搬入管理

搬入管理項目は作業実績等の把握のために表2の項目があげられる。同表の内容が把握できる搬入管理用伝票及び計量等を行うための設備を備え、これらを管理することが必要である。

表2 搬入管理項目（搬入管理用伝票の記載項目）

管理項目	記入詳細	備考
搬入車両管理	撤去現場での積込み日時 搬入日時 搬入車両番号 搬入許可番号 運搬会社名・運転者名 積荷重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転手控え伝票の発行</li> <li>・搬入車両毎に搬入許可の看板装着の義務（搬入許可を電子カード活用することも有効）</li> <li>・空重量と積荷重量の計量が必要（空重量は搬入許可証を発行する際に事前計測が望ましい）</li> </ul>
撤去現場での搬出管理	積込み場所の住所 積込み場所のエリア区分 積込み業者名	<ul style="list-style-type: none"> <li>・積込み業者控え伝票は、運搬車両が集積場所で計量後に発行された伝票を積込み業者に届けることで返送する</li> </ul>
集積場所での管理	集積場所の名称 集積場所受取り責任者名 搬入積載重量 荷卸・保管場所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重量計測は計量法に適合した設備で行うことが望ましいが、積荷容量を重量換算する方法も事前の検証を行えば可能とする</li> <li>・重量計測データは個別車両毎、日付毎に記録し、報告できるシステム導入をすることが望ましい</li> <li>・総て記載された伝票は、運転手用、積込み作業用、集積場所用、発注行政提出用の4枚になる。集積場所管理者からそれぞれに返却し、実績の根拠として支払い等に活用する</li> </ul>

(2) 搬出管理

搬出管理項目は、基地内での作業実績、搬出量の把握及び搬出先で処理処分や再利用等が適正に行われたことを確認するために表3の項目があげられる。同表の内容が把握できる搬出管理用伝票及び計量等を行うための設備を備え、これらを管理することが必要である。

表3 搬出管理項目（搬出管理用伝票の記載項目）

管理項目	記入詳細	備考
集積場所での管理	集積場所での積込み日時 （集積場所での情報） 集積場所の名称 集積場所積込み責任者名 搬出物の積載重量 搬出物の種類 搬出先の住所や名称 （搬出車両関連） 搬出車両番号 搬出許可番号 運搬会社名・運転者名 積荷重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集積場所で分別、改質して搬出する震災廃棄物由来のものについては、総て集積場所の搬出管理者より運転手控え伝票の発行を行う</li> <li>・搬出車両毎に搬出許可の看板装着の義務（搬入許可を電子カード活用することも有効）</li> <li>・空重量と積荷重量の計量が必要（空重量は搬出許可証を発行する際に事前計測が望ましい）</li> <li>・重量計測は計量法に副った設備で行うことが望ましいが、積荷容量を重量換算する方法も事前の検証を行えば可能とする</li> <li>・重量計測データは個別車両毎、日付毎に記録し、報告できるシステム導入をすることが望ましい</li> <li>・総て記載された伝票は、①運転手用、②集積場所の管理用、③処理処分・再利用先用と④処理・処分や再利用先の受取り報告用の4枚一組で使うことが合理的である</li> <li>・伝票はそれぞれが保管し、実績の根拠として支払い等に活用する</li> </ul>
処理・処分や再利用先での管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理先等での受取り日時</li> <li>・処理先等の受取り確認の責任者のサイン等</li> <li>・処理先等での受取り重量等</li> <li>・処理・処分や再利用予定日</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集積場所で発行された管理票に右記の確認追記することで伝票の記載は完了する</li> <li>・処理先等は受取り確認伝票を搬出元である集積場所に返送する</li> <li>・運搬車両の積荷は搬出前に計測するが、処理先等に到達する前に重量が微妙に変化するものもあるため、どの時点の積荷重量で清算するかを取り決めておくことが望ましい</li> </ul>

#### 4. 2 搬入直後の保管

集積場所では、搬入された津波堆積物について、現地スクリーニングの結果分類された津波堆積物毎に集積し、周辺環境保全上の支障が生じないように措置を行い、適切な仮置き保管を行うものとする。

集積場所においては、分類された各津波堆積物が所定の場所に保管され、混在しないようにしなければならない。そのためには分類毎の置き場に境界区分を設け置場看板を表示すること、指導員や誘導看板等で搬入車両に示し誤った場所で保管することがないように管理しなければならない。

保管にあたっての環境保全上の懸念としては、粉じんの飛散や降雨による濁水及び津波堆積物の流出が考えられ、これらに対する対策が必要となる。また、津波に巻き込まれた有害物質等を含む堆積物については、含まれている有害物が拡散しない措置が必要となる。腐敗物を多く巻き込んだ津波堆積物では臭気等の発生防止措置も行うことが必要である。

##### 【解説】

##### (1) 濁水対策

降雨や表流水の影響により津波堆積物から排水される濁水が、周辺に拡散しないために保管場所の周辺には排水路を設け集水し、濁水処理後に排水することが必要である。また、カテゴリーEのように汚濁物質や有害物質を含むことが懸念されるものについては、その仮置きに際して降雨等が浸透しない措置が必要である。置場の下部はアスファルト舗装等により雨水の地下浸透を防ぐとともに、上部はブルーシート等で被覆するか仮設の屋根等で降雨の流入防止を行うことにより、汚濁水の流出を防止する。さらに、発生した排水は有害物質を含むおそれがあるため、排水処理については分離して管理することが必要となる。

##### (2) 流出防止対策

保管場所から津波堆積物が流出しないように置場の境界には流出防止の堤防を設ける。堤防の構造としては、土堰堤、大型土のう、プレキャストの擁壁、簡易な土留め構造物等があるが、積み上げ高さに応じた構造とすること。

##### (3) 粉じん対策

搬入車両の運行や、強風で発生する粉じんを防止するため、散水設備として散水車の設置がある。また、搬入車両の通路はアスファルト舗装を施すことにより清掃が容易となり、粉じん防止にも効果的である。津波堆積物には、必要に応じて、飛散防止や流出対策としてブルーシート等で被覆する方法がある。

##### (4) 悪臭対策

津波堆積物の中には腐敗物等を巻き込んでおり強い悪臭を発生するものもある。保管する際に目視及び臭気で腐敗物の混入具合を観察し、腐敗物を含むものはできるだけ区分し



ておく。また、砂礫等の良質な津波堆積物による覆土やブルーシート等による被覆で悪臭防止に努める。

(5) 害虫等の発生防止

集積場所には水溜りができるだけ少なくなるよう窪地を作らないように造成することとする。また、場内の排水が速やかに排水されるよう排水経路を計画し造成を行う必要がある。必要に応じて害虫駆除剤を散布する。

#### 4. 3 分別及び分別物の保管

搬入された津波堆積物にはさまざまな残骸等が混在している可能性があるが、有効利用や処分等の目的のため残骸等を分別する。分別された残骸等は、処理方法毎に処分まで仮置き保管する。また、分別後の津波堆積物はラボラトリー分析の結果、カテゴリー分類毎に有効利用や処分までの間、周辺環境等に影響を与えないように適切に保管する。

なお、保管に際しては、処理施設や有効利用先の受入状況に応じて集積場所に保管スペースを確保することが望ましい。

##### 【解説】

##### (1) 分別

集積場所に搬入された津波堆積物には、撤去現場で分別できなかった残骸等が混入していることが考えられるため、搬入・仮置き後（「4. 2 搬入直後の保管」参照）、目視により残骸等を確認し、残骸等の種類に応じて分別を行う。分別は、手作業又は重機（スケルトンバケット付バックホウ等）により行い、残骸等は適切な保管場所に搬送・保管する。津波堆積物に混入する残骸等のうち、取扱いに留意が必要と考えられるものは、以下のとおりである。

##### (ア) アスベスト及び石膏ボード

アスベスト含有物及び石膏ボードは、他の分別物と区分して保管、管理を行うことが必要である。これらは、土砂等と混在して土木資材等に使用されると有効利用先で環境影響が生じるおそれがある。また、これらは、目視観察では分別できないことも考えられ、分別された津波堆積物を更に機械選別する場合は、手選別ラインを設置し、ここでの選別も行うことが必要である。

##### (イ) 腐敗性有機物等

生物の死骸等の腐敗性有機物、油類を多く含むもの、道路側溝・水路底に堆積して長時間を経過した泥状物等を含むものは、他の堆積物とは別に保管することが必要であり、直ちに焼却、水処理等の中間処理を行うことが望ましい。水分が多い泥状物は貯留池等に投入することが考えられるが、臭気の発生等を防止するため、消石灰の投入、竹粗朶やマイクロファイバー等を利用した簡易濁水処理を行うことも考えられる。

##### (2) 分別された津波堆積物の保管

「4. 2 搬入直後の保管」に示す保管方法に示す内容と同様に対応すること。

##### (3) 分別された残骸等の保管

分別された残骸等は、災害廃棄物としての取扱いとなる。災害廃棄物分別・処理戦略マニュアル<sup>7)</sup>等を参考に適切に分別・保管を行うこととする。

#### 4. 4 集積場所における作業環境管理

集積場所での安全な作業環境を確保するために、作業環境管理を行う。分別・保管された津波堆積物からは、粉じんや臭気の発生が考えられ、またさまざまな化学物質等が含まれている可能性があるため、作業環境の管理に十分に留意する必要がある。

##### 【解説】

集積場所における作業環境管理として留意すべき事項については、「1. 7 津波堆積物処理に係る労働災害防止対策及び周辺環境の保全対策（1）津波堆積物処理に係る労働災害防止対策」を参照のこと。

#### 4. 5 集積場所における周辺環境対策

津波堆積物の粉じんの飛散や、降雨による濁水及び津波堆積物の流出への対策が必要となる。また、周辺環境に影響を与えないことを監視するために、粉じん測定や排水の水質測定等による環境管理を行う必要がある。

##### 【解説】

周辺環境保全のためには、以下の対策を講じることが考えられる。

- ① 集積場所の周囲には必要に応じて仮囲いを設置するとともに、集積場所の四方の敷地境界にて粉じんモニタリングを実施する。住宅地等に向かう強い風があるときは、作業内容を検討するとともに、粉じんの飛散防止に努める。
  - ・ハイボリュームエアサンプラーによる粉じん測定（毎月定期実施）
  - ・デジタル粉じん計による日常測定（毎日定時又は連続）
- ② 集積場所においては、粉じんや臭気が拡散しないよう適切な散水や防臭剤の散布を行う。
- ③ 集積場所では、津波堆積物や津波堆積物からの余水等が敷地外へ流出しないよう、場内舗装や周囲に側溝を設置する等集水設備を設ける。排水は水処理後に水質を確認して下水道等で場外へ排除する。
- ④ 工事車両や収集運搬車両の出入口には、泥落としのためのタイヤ洗浄装置を設置し、退場する車両による泥の持ち出しを防止する。
- ⑤ 作業開始前に、作業計画を地域住民等に周知するとともに、作業中においても進捗状況やモニタリング結果を掲示する等により、周辺住民とのコミュニケーションを確保する。

## 5. 中間処理

### 5. 1 中間処理の目標

津波堆積物の中間処理は、その組成と性状に応じて、安定化、無害化を図るとともに、有効利用を行うための有効利用先に応じた品質に適合させることを目的として行うものとする。

#### (1) 安定化の目標

腐敗の原因となる有機物の無機化の指標として、熱しゃく減量5%以下とする。

#### (2) 無害化の目標

人の健康及び生活環境上の懸念がなくなるよう土壌汚染対策法の規定による指定基準未満とすることを基本とする。

#### (3) 品質調整

円滑な有効利用を図るため、有効利用先に応じた品質とする。

#### 【解説】

##### (1) 安定化

津波堆積物には有機物を含むものがあり、このまま放置又は有効利用すると腐敗し、臭気の発生や病原菌の増殖等の懸念がある。また、発熱による火災の発生もあり得る。このため、有機物については無機化による安定化を図るものとする。

有機物の無機化の目安としては、安定型処分場における埋立基準を準用し、熱しゃく減量5%以下であることとする。

##### (2) 無害化

津波堆積物は、主に土木資材として有効利用されると考えられることから、無害化の目安として、土壌汚染対策法に規定される指定基準を目安とする。この基準は、土壌環境基準を満足する。なお、管理型処分場において埋立処分を行う場合は、廃掃法施行令第6条第1項第3号に規定される埋立処分を行う場合に関する基準値未満であることを目標とする。

##### (3) 品質調整

津波堆積物を有効利用するための品質は、有効利用用途に応じた品質を確保することが目標となる。

## 5. 2 中間処理方法

津波堆積物の中間処理は、撤去現場における分別、選別後、撤去現場又は集積場所においてカテゴリー分類を行ったうえでカテゴリーに応じて実施する。

なお、ここでは、津波堆積物に対する中間処理方法を規定しており、分別や選別の結果生じる残骸類は、種類に応じて別途、適正に取扱うことが必要である。

### 【解説】

津波堆積物の中間処理は、撤去現場又は集積場所においてカテゴリー分類されたものを対象とし、主に、堆積物の有効利用及び無害化を目的に実施されるものである。なお、海洋投入処分については、できる限りこれを回避すべきであるが、緊急避難的にこれを実施する場合は、海洋汚染防止法等に基づき、適正に取扱うことが必要である。

中間処理方法の例は以下に示すとおりである。これらの中間処理は、集積場所又はこれ以外の中間処理施設等において実施されるものとする。

#### (1) カテゴリーA

- ① 粒度、色等の性状に応じた仮置き・保管
- ② 脱塩のためのエージング（必要に応じて）
- ③ 分級装置による粒度調整（必要に応じて）

#### (2) カテゴリーB

- ① 目視・人力による残骸等の分別
- ② 脱塩
- ③ 分級装置による粒度調整
- ④ 安定型処分型処分場での埋立処分

#### (3) カテゴリーC

- ① エネルギー回収推進施設（高効率発電付ごみ焼却施設等）
- ② 単純焼却（仮設ごみ焼却炉、産業廃棄物焼却炉を含む）

#### (4) カテゴリーD

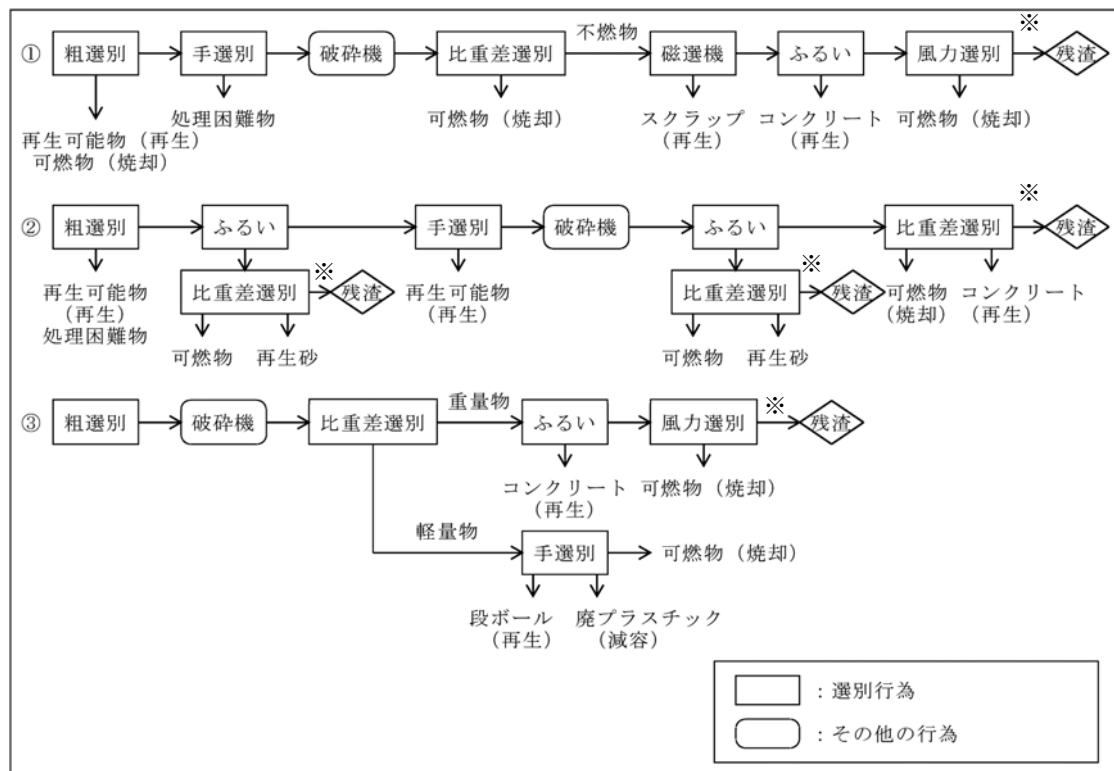
- ① 搬入時の組成、性状に応じた目視・人力又は重機による残骸等の分別
- ② 含水率、色等に応じた仮置き・保管
- ③ 選別装置を用いた土砂・異物の選別
- ④ 天日乾燥、生石灰混合等による含水調整
- ⑤ 養生
- ⑥ 分級装置による粒度調整
- ⑦ 洗浄、加熱、薬剤混合等による浄化・不溶化処理
- ⑧ 焼却、ガス化改質、熔融、焼成、セメント原料化等の熱処理

⑨ 管理型処分場での埋立処分

(5) カテゴリーE

- ① 含水率、色等に応じた仮置き・保管
- ② 洗浄、加熱、薬剤混合等による浄化・不溶化処理
- ③ 中和処理
- ④ 脱水処理
- ⑤ 液状廃棄物処理設備による水処理
- ⑥ 焼却、ガス化改質、熔融、焼成、セメント原料化等の熱処理
- ⑦ 物理的・化学的処理

津波堆積物の有効利用は、主に土木資材としての活用が考えられる。このための主な中間処理としては、選別がある。選別設備のシステム例は、図4に示すとおりである<sup>8)</sup>。なお、アスベスト含有物及び石膏ボードについては、できるだけ撤去現場で分別することが望ましいが、選別においても留意することが必要である。



※選別装置により選別された残渣については、目視、手選別により異物を除去することが望ましい。

図4 選別設備のシステム例<sup>8)</sup>

中間処理に適用する技術については、津波堆積物の性状や有効利用方法から、以下の資

料を参考とすることも有効である。

- ・震災廃棄物対策指針（平成 10 年 10 月、厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課）
- ・建設廃棄物処理指針（平成 22 年度版）（平成 23 年 3 月 30 日、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課長）
- ・汚染土壌の処理業に関するガイドライン暫定版（平成 22 年 7 月、環境省水・大気環境土壌環境課）
- ・廃棄物埋立地再生技術ハンドブック（平成 17 年 1 月、埋立地再生総合技術研究会、（財）日本環境衛生センター）
- ・建設汚泥リサイクル指針（平成 11 年 11 月、（財）先端建設技術センター）
- ・発生土利用基準について（平成 18 年 8 月 10 日、大臣官房技術調査課長、大臣官房公共事業調査室長、大臣官房営繕部計画課長）
- ・埋め戻し土壌の品質管理指針（平成 18 年 12 月 15 日、財団法人土壌環境センター）
- ・建設工事で遭遇する廃棄物混じり土対応マニュアル（平成 20 年 10 月 20 日、財団法人土木研究センター）

また、選別後の土砂等の有効利用先については、つぎのHPでも情報収集が可能である。

- ・（財）日本建設情報総合センターHP－建設副産物・発生土情報交換システム－  
<http://www.recycle.jacic.or.jp/osirase/110329.html>



## 6. 今後の予定

津波堆積物の処理をより効率的に進めるため、実際の津波堆積物の処理と並行して、得られた知見等を基に今後も引き続き情報提供を行っていくこととする。

## 参考文献

- 1) 一般社団法人廃棄物資源循環学会「災害廃棄物対策・復興タスクチーム」(平成 23 年 4 月 30 日)、災害廃棄物分別・処理戦略マニュアル Ver2-Re2-110501 【手引 8-4】津波堆積物
- 2) 社団法人土壌環境センター(平成 18 年 12 月 15 日)、埋め戻し土壌の品質管理指針 解説書
- 3) 一般社団法人廃棄物資源循環学会「災害廃棄物対策・復興タスクチーム」(平成 23 年 4 月 30 日)、災害廃棄物分別・処理戦略マニュアル Ver2-Re2-110501 【手引 7-5】防じんマスクによる飛散粉じん対策
- 4) 厚生労働省労働基準局長(平成 17 年 2 月 7 日)、防じんマスクの選択、使用等について(基発第 0207006 号)
- 5) 福島県相馬市(平成 23 年 6 月)、相馬市におけるヘドロ健康障害対策システム
- 6) 製鋼スラグ適用に関する参考資料:カルシア改質土による海域環境修復技術の概要(中央環境審議会 循環型社会計画部会説明資料)  
<http://www.env.go.jp/council/04recycle/y040-57/mat01.pdf> (平成 23 年 6 月 1 日確認)
- 7) 一般社団法人廃棄物資源循環学会「災害廃棄物対策・復興タスクチーム」(平成 23 年 4 月 30 日)、災害廃棄物分別・処理戦略マニュアル Ver2-Re2-110501 【手引 5】分別・処理戦略の立案
- 8) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課(平成 23 年 3 月 30 日)、建設工事から生じる廃棄物の適正処理について

## 参考資料

### 津波堆積物の化学的性状について

#### 1. はじめに

津波発生地域で採取した津波堆積物（以下、「堆積物」という。）の化学性状について分析調査を行った。岩手県及び宮城県で採取した 62 試料の調査結果について、国内の規制基準値や参照指針値等との比較を行いつつ、津波堆積物の性状について総合的に把握を試みており、一般項目、油分、残留性有機汚染物質（POPs）、重金属類等の分析結果について報告する。

#### 2. 津波堆積物採取箇所

岩手県および宮城県における津波を受けた 62 地点（採取箇所の位置を番号とともに図 1 に示す）における堆積物（堆積したままの状態での採取したもの、あるいは堆積場に集積されていたもの）を採取し、分析に供した。内訳としては、岩手県において野田村 1 試料、宮古市 6 試料、山田町 1 試料、大槌町 1 試料、釜石市 3 試料、大船渡市 2 試料、陸前高田市 1 試料の計 15 試料、宮城県においては気仙沼市 2 試料、南三陸町 4 試料、女川町 1 試料、石巻市 12 試料、東松島市 3 試料、仙台市 20 試料、岩沼市 5 試料の計 47 試料であった。このうち、1 試料（ID-44）は仙台市の小学校校庭で採取した堆積物（ID-43）と同時に対照試料として採取した校庭の深部の土壌試料であり、堆積物としての対象からは除外する。また、岩沼市において採取した 5 試料のうち 4 試料は各々の試料量が少なく、性状が類似していると判断されたことから混合の上、同一試料として扱った。

#### 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（表 1 参照）。

##### (1) 一般項目

密度、pH、乾燥減量（含水率）、熱しゃく減量、電気伝導度、塩化物イオン濃度

##### (2) 油分（n-ヘキサン抽出物質、全石油系炭化水素（TPH））

##### (3) ダイオキシン類

##### (4) ポリ塩素化ビフェニル類（PCB）

##### (5) 石綿

##### (6) 重金属類

含有量（平成 15 年環境省告示第 19 号に準拠する方法）及び溶出量（平成 3 年環境庁告示第 46 号及び昭和 48 年環境庁告示第 13 号に準拠する方法、海洋汚染防止等法令の埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める総理府令（昭和 48 年 2 月総令 6 号）に基づく検定方法（昭和 48 年環境庁告示第 14 号））

##### (7) 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）

(8) 有機スズ化合物

(9) 多環芳香族炭化水素類 (PAH)

(10) POPs 農薬類 (DDTs、クロルデン類、ディルドリン、アルドリン、エンドリン、ヘプタクロル類、ヘキサクロロベンゼン (HCB)、ペンタクロロベンゼン (PeCBz) マイレックス、ヘキサクロロシクロヘキサン (HCH))

(11) 1,4-ジオキサン、塩化ビニルモノマー、1,2-ジクロロエチレン

(12) 揮発性有機化合物 (VOC)

#### 4. 分析結果及び考察

上記の(1)から(12)について分析結果の概要について記載し、関連規制基準値/参照指針値及び国内(仙台市内又は近隣地域等)の分析既報値との比較を行った。

##### (1) 一般項目

密度については約  $2.7 \text{ g/cm}^3$  (真比重) であり一般的な土壌と違いがない。pH については、ほぼ 7.0 から 9.0 の間にあるが、採取試料によっては強酸性、アルカリ性を示したものもあった。ID-6 (宮古市) については pH 1.1 と強酸性を示し、イオンクロマトグラフィーの結果、硫酸による影響であることが判明した。電気伝導率については、塩分の指標として位置づけられるが、堆積物によって数 mS/m から 5,000 mS/m を超えるものまで幅があり、津波を受けた後も降雨による脱塩や海水中の浸漬等による様々な影響を受けているものと考えられる。電気伝導率は塩化物イオン濃度との間に相関性があり、塩分指標として活用できる可能性があることが分かった。

熱しゃく減量(試料を高温で加熱(600°C、3時間)することにより失われる質量分)は主に有機物の指標となるものであるが、1.2%から 16.3%まで 1 桁の幅があった。多くは、海底泥の有機物に由来するものと考えられるが、油分の影響を受けている試料も散見された。

##### (2) 油分 (n-ヘキサン抽出物質、TPH)

n-ヘキサン抽出物質は、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)<sup>1)</sup>。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。柱状トランス下の堆積物 (ID-14) と産業廃棄物処理工場(油化工場)の近隣で採取された堆積物 (ID-48、仙台市) から%オーダーの高濃度が検出されている。

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。TPHに関しても ID-14, 48 に関しては高濃度であった。

##### (3) 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 の算出方法が異なるため、双方で算出を行っている。

堆積物では、特異的に高濃度 (520 pg-TEQ/g) を示すものが 1 試料見つかった (ID-21、南三陸町)。これは野焼き残渣であり、同族体や異性体は燃焼由来のパターンを示した。一方、他の試料 (ID-44 の対照土壌を除く) では TEQ が土壌ベースで、範囲 0.11~78 pg-TEQ/g、底質ベースで範囲 1.2~79 pg-TEQ/g であった。これらは、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見られるパターンで、過去の農薬使用を反映しているものと考えられる。

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)<sup>2)</sup>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、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 と今回の堆積物中濃度 (ID-21 を除く) 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。

#### (4) 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。

今回の全ての対象試料では、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 : 0.0003~0.18 mg/kg) であった。ただし、堆積物試料間の濃度幅には 3 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、ID-24 (石巻市)、ID-49 (仙台市) と ID-41 (仙台市) であり、それぞれ、0.18, 0.16, 0.13 mg/kg であった。同族体のパターンから PCB 製剤 (工業製品) 由来であると推定された。

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<sup>3)</sup>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、今回対象とした堆積物試料と比較して、前述の比較的高濃度の 3 試料を除けば、ほぼ同レベルであると考えられる。

#### (5) 石綿

仙台市、石巻市、釜石市、陸前高田市の計 24 試料について石綿の分析を行ったが、検出されなかった。

#### (6) 重金属類

重金属類に関して、土壤汚染に係る環境基準（溶出量。カドミウム、砒素、銅については農用地における含有量も）が定められている他、土壤汚染対策法の特定有害物質に係る指定基準（溶出量及び含有量）、廃棄物の埋立処分に係る判定基準（溶出量）、水底土砂に係る判定基準（溶出量）が定められている。

重金属類の含有量は、多くの項目（カドミウム、砒素、セレン、六価クロム、水銀、ふっ素、ほう素）においてほとんどの試料が不検出であったが、鉛が多く試料から数十 mg/kg までの範囲で検出された。1 試料（ID-58、岩沼市の選別残土）のみ、680 mg/kg と土壤環境基準を超えた。原因については不明であるが、機械選別時の残土から高濃度で検出されたことから、選別処理において鉛バッテリーや基板等の高濃度鉛含有物を巻き込まないことが重要である。

重金属類濃度について対照となる一般環境土壤・底質に関して、産業技術総合研究所地質調査総合センターが公開している地球化学図データベースによれば、仙台市周辺の河川底質中の鉛の濃度は 8.0~35.7 mg/kg（中央値 18.8 mg/kg）、海域底質は概ね 21.3 mg/kg 未満、土壤は概ね 20 mg/kg 未満である<sup>4)</sup>。採取した堆積物の鉛含有量は、概ね仙台市周辺の河川・海域底質や土壤と同程度といえる。但し、それらは全含有量の分析方法（硝酸一過塩素酸-フッ酸分解）により行われており、今回の含有量基準の方法（1 mol/L 塩酸による溶出）は、より低い分析値になることに留意する必要がある。

重金属類の溶出量（平成 3 年環境庁告示第 46 号に準拠する方法）は、カドミウム、セレン、六価クロム、水銀が全試料で不検出であった。一方、鉛が 3 試料から環境基準値（0.01 mg/L）を超過する値、砒素が 6 試料から環境基準値（0.01 mg/L）を超過する値、ほう素が 15 試料から環境基準値（0.8 mg/L）を超過する値、フッ素が 1 試料で環境基準値（0.01 mg/L）を超える値でそれぞれ検出された。鉛や砒素の溶出量が基準値を超過することについて、仙台市周辺での土壤・底質で、これらの元素の自然由来による溶出基準超過の報告例がみられる<sup>5)</sup>。堆積物の鉛と砒素の溶出基準超過については、自然由来のケースも考えられ、一概に汚染があると判断することはできない。ふっ素、ほう素は、海水中の濃度がそれぞれ 4.5 mg/L、1.5 mg/L であり<sup>6)</sup>、海水の影響があった可能性がある。

重金属類の溶出量（昭和 48 年環境庁告示第 13 号に準拠する方法）は、カドミウム、セレン、六価クロム、水銀が全試料で不検出であり、鉛と砒素は溶出濃度が多くの試料から検出された。廃棄物の埋立処分に係る判定基準値は、鉛と砒素が 0.3 mg/L であり、2 試料において基準値を超過した。これら 2 試料は ID-6（宮古市・工業地帯）と ID-42（仙台市・

工業地帯)であり、産業系の汚染源の影響可能性が推察された。

また、海洋投入処分が可能な水底土砂の廃棄に係る判定基準に関して、溶出量の確認を昭和48年環境庁告示第14号に基づいて13試料で行ったが、対象金属で基準値を超過するものはみられなかった。

#### (7) 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<sup>7)</sup>。

今回の堆積物試料では、PFOSはいずれも分解残さの排出目標目安値を3桁以上下回る濃度(最高濃度で3.5 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<sup>3)</sup>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。堆積物試料では、0.005~0.54 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<sup>3)</sup>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、今回対象とした堆積物試料の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。

#### (8) 有機スズ化合物

対象物質としてはトリブチルスズ(TBT)、トリフェニルスズ(TPT)、ジブチルスズ(DBT)、ジフェニルスズ(DPT)、ジオクチルスズ(DOT)について調査を行い、主に環境省化学物質環境実態調査で継続している底質のモニタリング調査結果と比較を行った<sup>3)</sup>。

対象とした物質の中で、濃度が比較的高いものがTBTとDBTであった。仙台市の堆積物中のTBTは<0.5~180 ng/gであり、底質モニタリング調査で行っている仙台湾の通常の濃度と比べて、同レベルであった。TPTについては、仙台市のレベルは<0.2~0.3 ng/gであり、底質モニタリング調査で行っている仙台湾の通常の濃度と比べて、低いレベルであった。仙台市と比べて、石巻市や気仙沼市といった漁港のある場所で採取された堆積物中(ID-24, 16)のTBTとDBTの濃度(数百 ng/gまで)が相対的に高かった。

#### (9) 多環芳香族炭化水素類(PAH)

PAHについては、規制基準値は設けられていない。産業廃棄物処理工場(油化工場)

の近隣で採取された堆積物 ID-45, 46, 48 (仙台市) や他の幾つかの試料で数 mg/kg の濃度で PAH が検出されているが、油汚染や火災の影響とみられる。

#### (10) POPs 農薬類

POPs 農薬類の分析結果は、主に環境省化学物質環境実態調査で継続している底質のモニタリング調査結果と比較を行った。また、参照指針値としては、①埋設農薬調査・掘削等マニュアル中の農薬等に関する環境管理指針値一覧の土壤濃度指針値 (含有量) <sup>8)</sup>、②バーゼル条約における POPs 廃棄物の環境上適正な管理に関する一般的技術ガイドラインの低 POPs 含有量基準値 (50,000 ng/g) <sup>9)</sup>、③ POPs 廃農薬の処理に関する技術的留意事項の残さ排出目標値 <sup>10)</sup> と、堆積物測定値との比較を行った。

堆積物中濃度の全般的な傾向としては、概ね環境省化学物質環境実態調査結果 (底質) の範囲内であった。農薬類のうち、DDT、次いで HCH の濃度が高い傾向がみられた。DDT や HCH は農薬として使用されたため、水田や畑土壌、河川底質等に残留していたことが考えられた。また、クロルデンはシロアリ駆除剤としての用途として家屋床下や木材に使用されたと考えられる。津波によりこのような施用由来の異なる農薬類が堆積物中に混在して存在しているものと考えられる。

#### DDT 類 (DDT s) : o,p'-DDT, p,p'-DDT, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD

底質モニタリング調査結果と比べると、若干高めであり、水田土壌と同レベルの試料が多いが、土壤濃度指針値 (残さ排出目標値) である 50,000 ng/g をはるかに下回っている。油分や PCB などが高くない堆積物で DDTs が高めであり、水田や畑土壌などが混ざるなど陸域の影響の可能性が考えられる。ID-39 (仙台市) は o,p'-DDT が特異的に高く、通常この異性体は河川水、底質や生物等の環境試料ではマイナー成分である。ジコホル (防ダニ剤) の不純物として o,p'-DDT を高濃度で含んでいる報告があり、その由来について検討する必要がある。

#### HCH 類 (HCH s) : alpha-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, delta-HCH

石巻市、気仙沼市の試料で比較的高く、水田農薬としての使用の履歴と推察される。底質モニタリング調査結果と比べると、若干高めであり、水田土壌と同レベルの試料が多い。一方で、土壤濃度指針値 (残さ排出目標値) である 50,000 ng/g をはるかに下回っている。

#### クロルデン類 (CHL s) : trans-クロルデン、cis-クロルデン、trans-ノナクロル、cis-ノナクロル、オキシクロルデン

底質モニタリング調査結果と比べると、若干高めであるが、土壤濃度指針値 (残さ排出目標値) である 20,000 ng/g をはるかに下回っている。

#### アルドリン、ディルドリン、エンドリン

ディルドリンは、ID-53 (仙台市) で 15 ng/g と最も高いが、土壤濃度指針値 (残さ排出目



標値)である4,100 ng/g ((アルドリンとディルドリンの含量)をはるかに下回っている。エンドリンは、ID-26 (石巻市)で8.4 ng/gと最も高いが、土壤濃度指針値(残さ排出目標値)である8,300 ng/gをはるかに下回っている。

(11) 1,4-ジオキサン、塩化ビニルモノマー、1,2-ジクロロエチレン

基準追加の作業が進んでいる3物質について分析を行ったが、いずれの物質も検出されなかった。

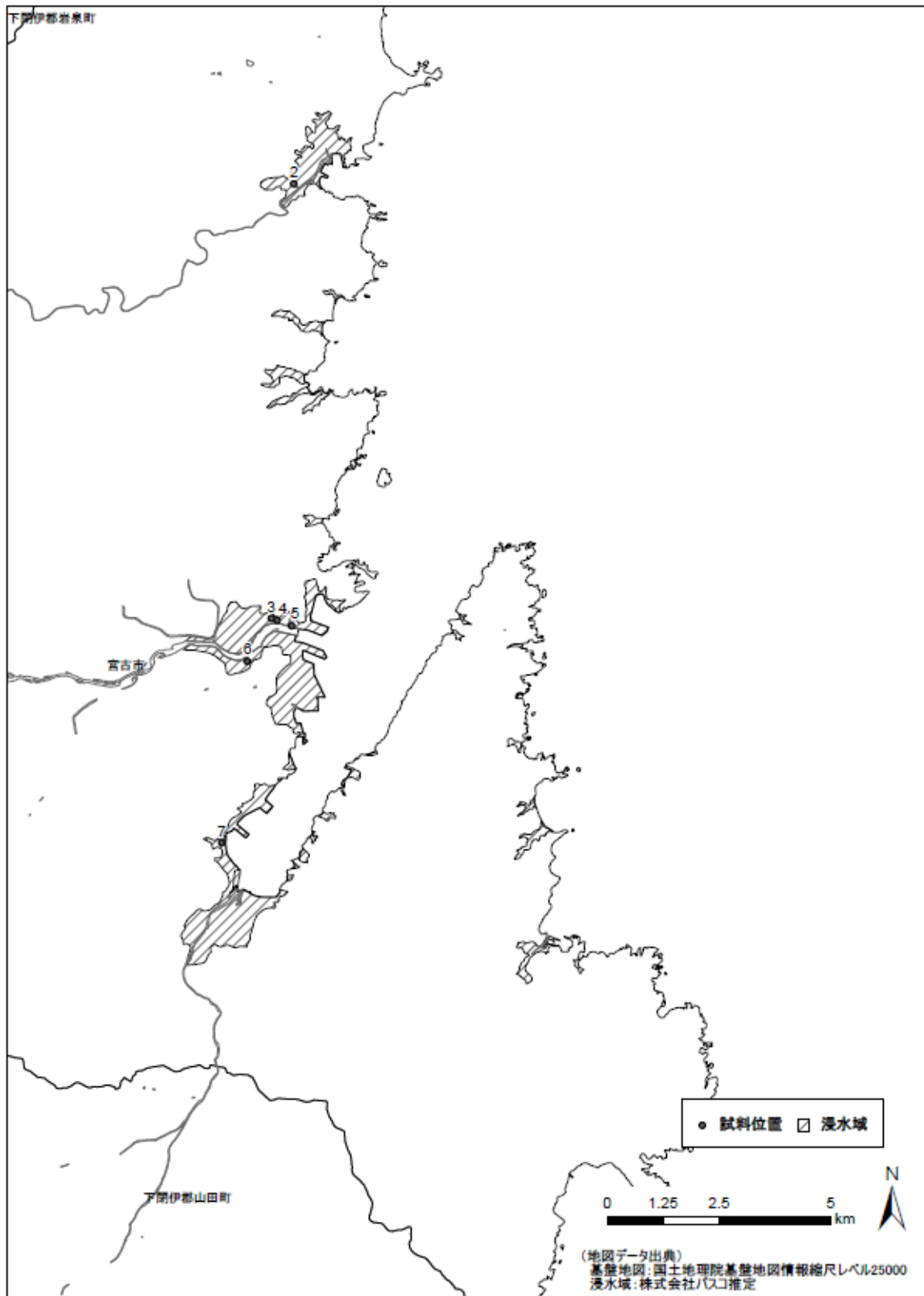
(12) 揮発性有機化合物(VOC)

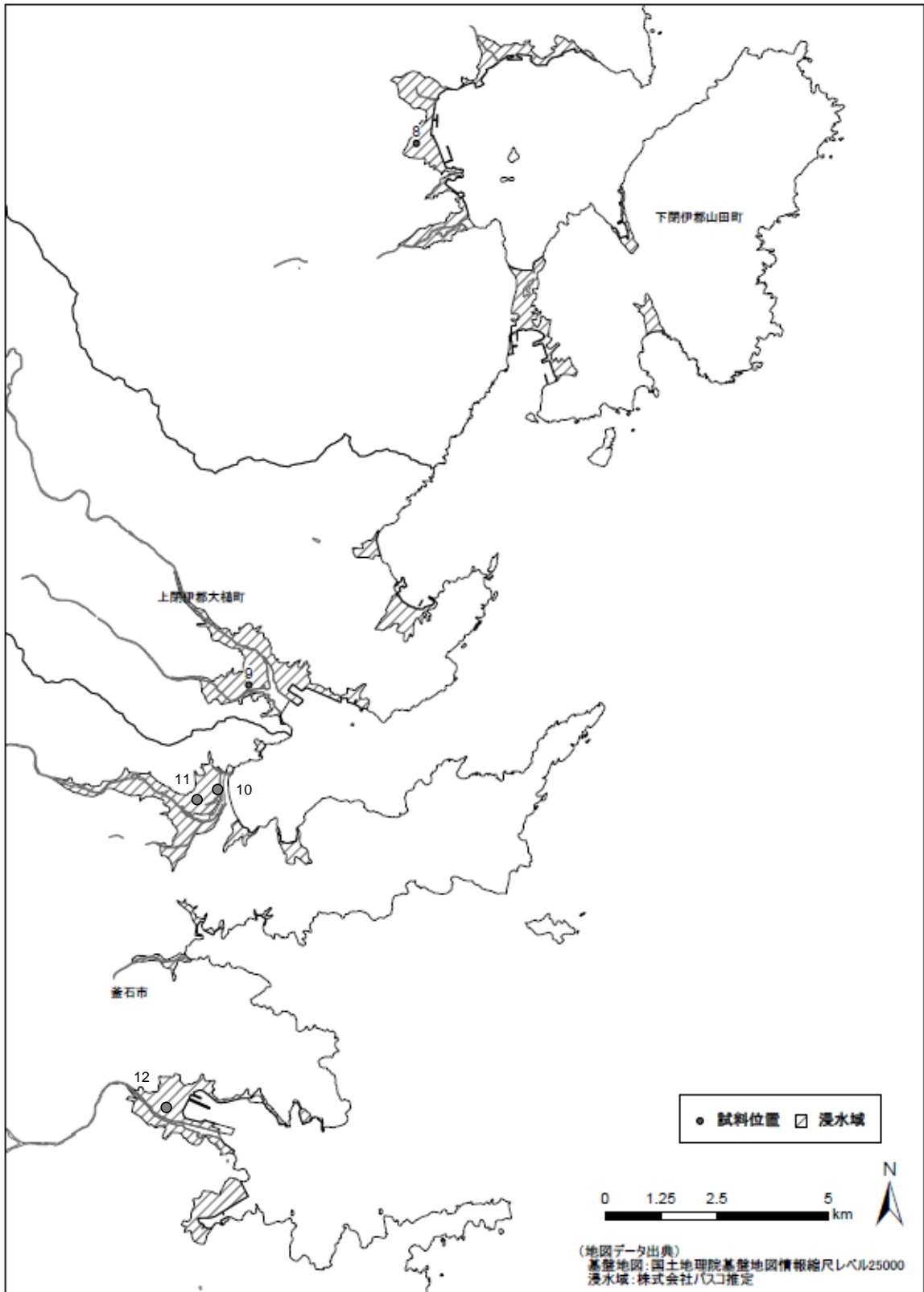
VOCについては、石巻市及び仙台市の集積場で採取した堆積物(ID-27, 31, 49)と浸出水について平成3年環境庁告示第46号に準拠する方法で分析を行ったが、対象物質についていずれも検出されなかった。

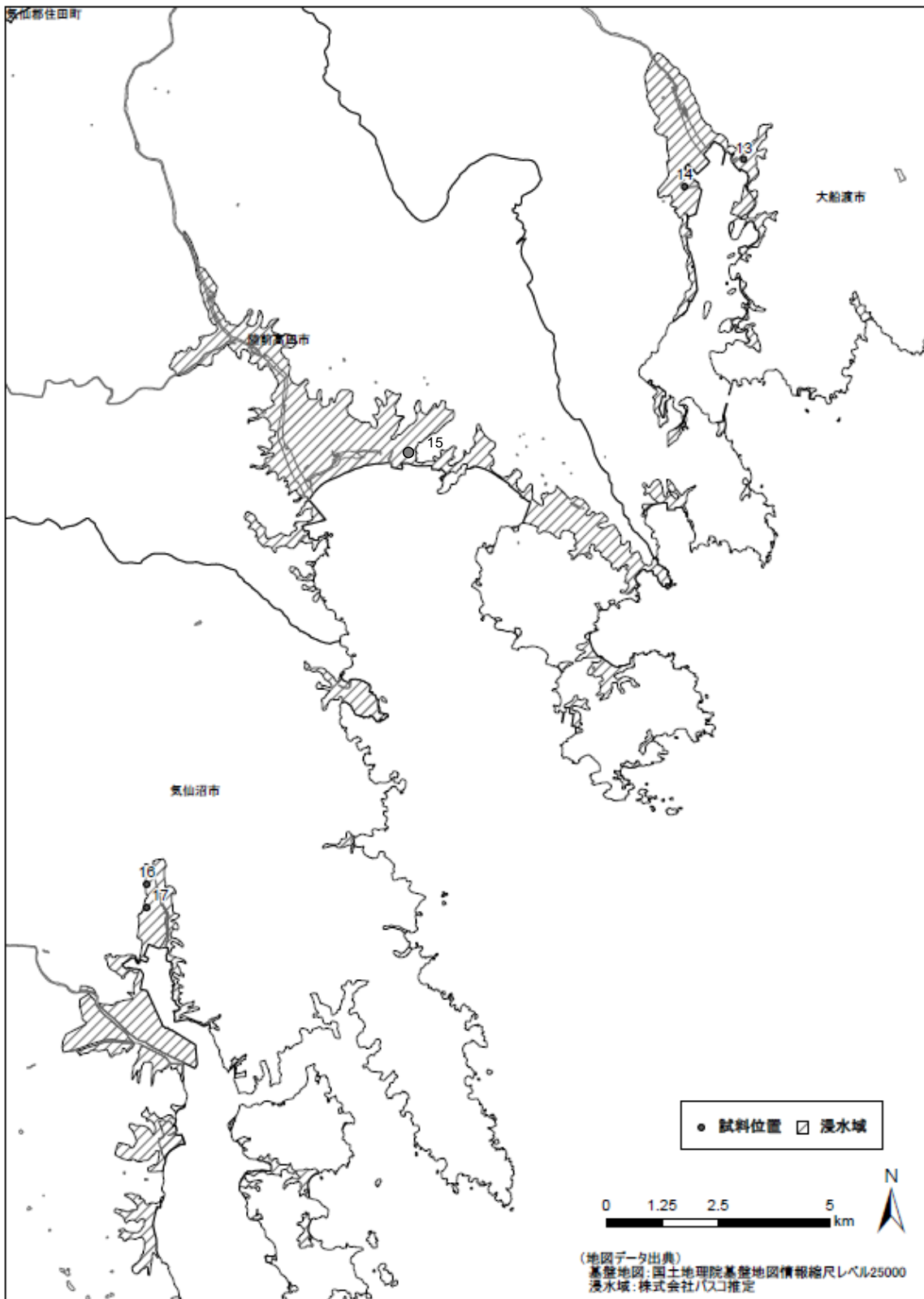
## 5. 引用情報

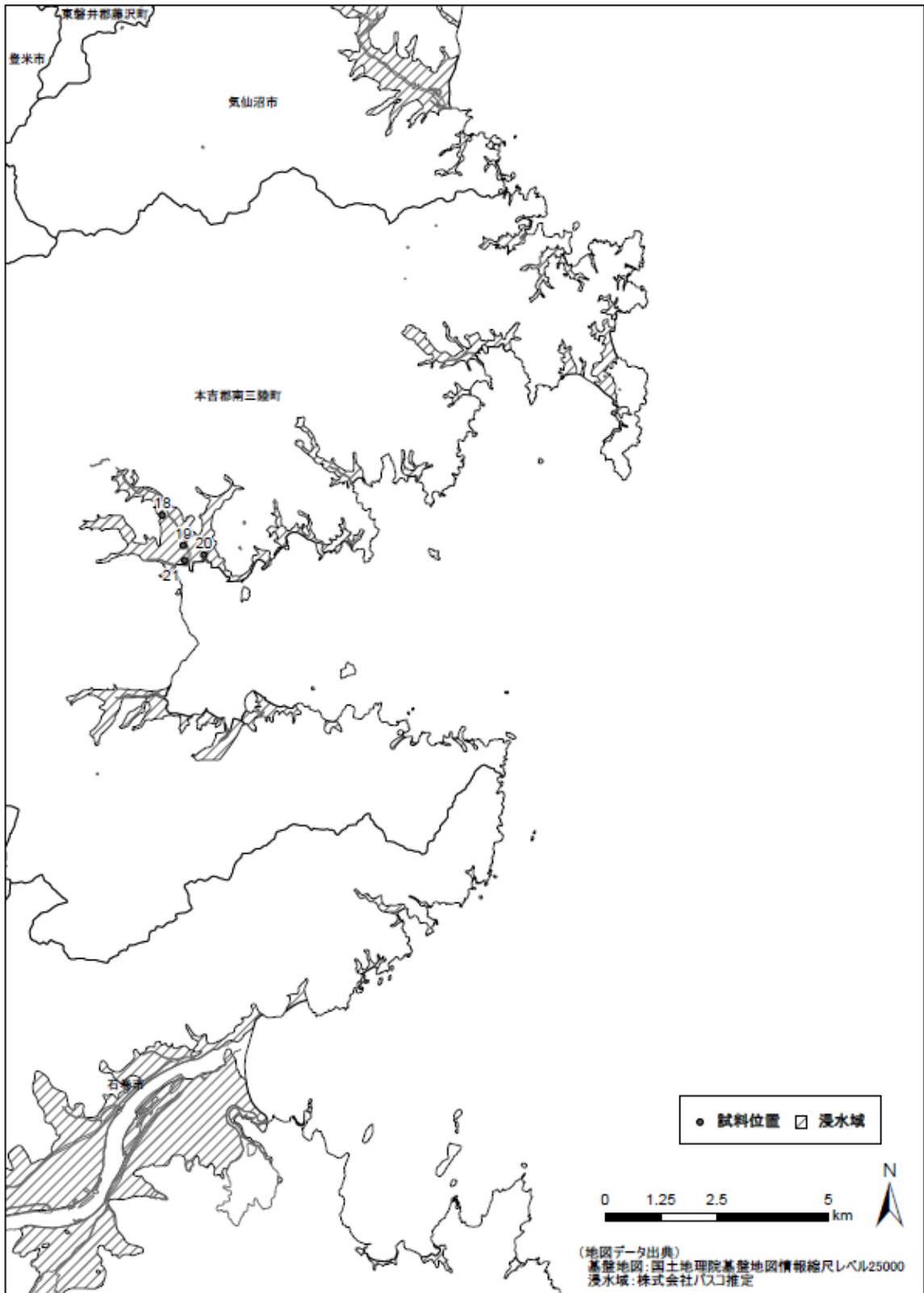
- 1) 社団法人 日本水産資源保護協会水産用水基準(2005年版) 平成18年3月
- 2) 環境省 平成17~21年度ダイオキシン類に係る環境調査結果  
<http://www.env.go.jp/chemi/dioxin/report.html>
- 3) 環境省平成21年度モニタリング調査結果(平成22年度版化学物質と環境)  
<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/2010/index.html>
- 4) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 海と陸の地球科学図  
<http://www.gsj.jp/database/geochemmap/index.htm>
- 5) 丸茂克美: 自然由来の重金属に起因する土壤汚染問題への地球科学的アプローチ、地学雑誌、116(6)、877-891(2007)  
<http://www.geog.or.jp/journal/main.htm> の電子ジャーナルから参照可能
- 6) 汽水域等における「ふっ素」及び「ほう素」濃度への海水の影響程度の把握方法について、環水企89-2・環水管68-2、公布日:平成11年03月12日  
<http://www.env.go.jp/hourei/syousai.php?id=05000060>
- 7) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 P F O S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
- 8) 埋設農薬調査・掘削等マニュアル中の農薬等に関する環境管理指針値一覧の土壤濃度指針値(含有量)(平成20年1月17日、環境省 水・大気環境局 土壤環境課農薬環境管理室)
- 9) バーゼル条約における POPs 廃棄物の環境上適正な管理に関する一般的技術ガイドラインの POPs 含有量基準値  
<http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/techdocs.html>
- 10) POPs 廃農薬の処理に関する技術的留意事項の残さ排出目標値(平成21年8月改訂、環境省・リサイクル対策部 適正処理・不法投棄対策室)

図1 採取地点











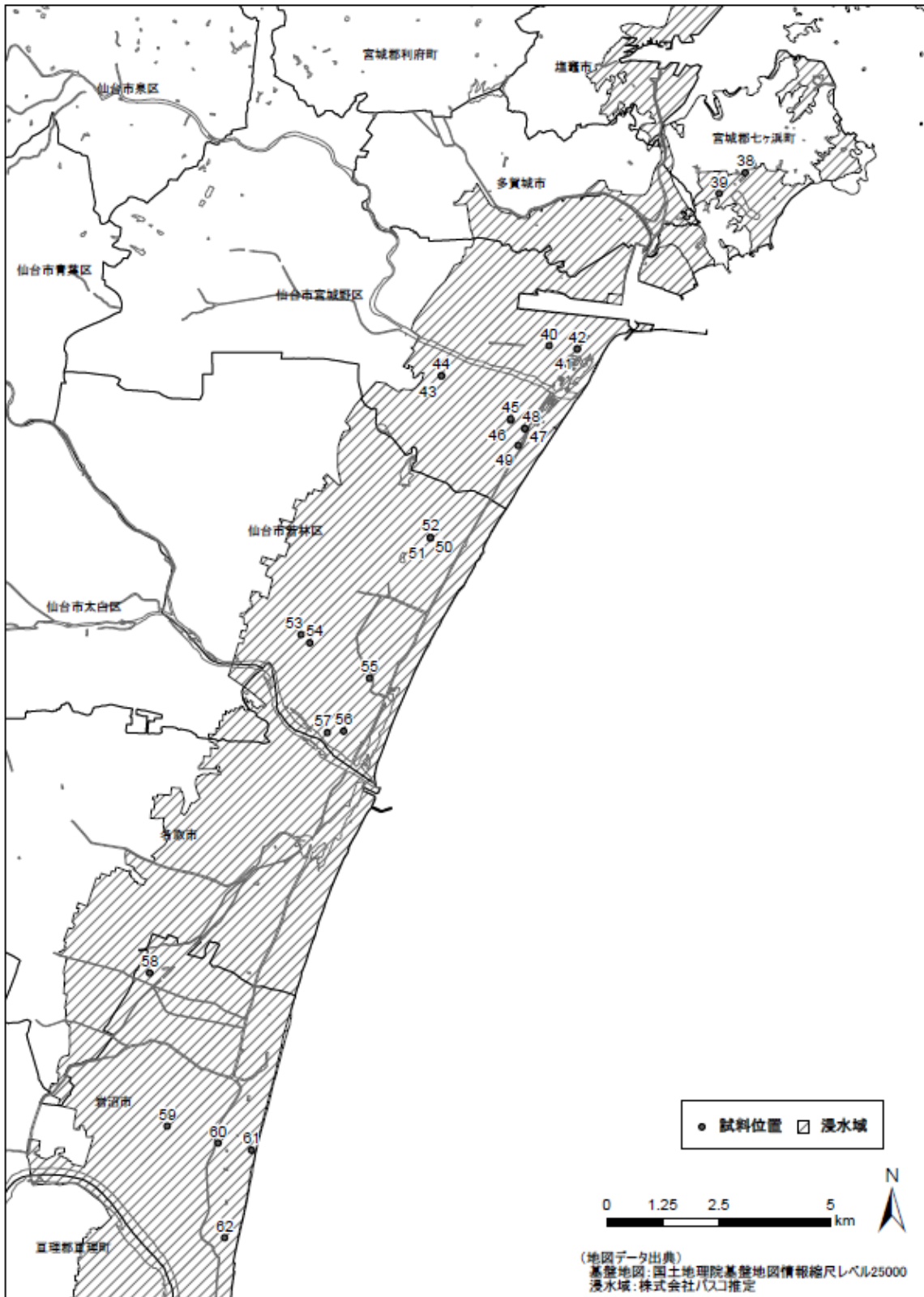


表1 津波堆積物の分析対象とした化学物質の目録ならびに分析方法

項目	分析方法等	備考	特別管理廃棄物 における判定基準		土壌汚染対策法 における指定基準		土壌の汚染に係る 環境基準		水底土砂 判定基準		その他		
			溶出量	含有量	溶出量	含有量	溶出量	含有量	溶出量	含有量	備考		
揮発性有機化合物類	四塩化炭素		○	○	○		○		○				
	1,2-ジクロロエタン		○	○	○		○		○				
	1,1-ジクロロエチレン		○	○	○		○		○				
	ジス-1,2-ジクロロエチレン		○	○	○		○		○				
	1,3-ジクロロプロペン		○	○	○		○		○				
	ジクロロメタン	溶出量: 環境省告示46号 HS-GC/MS法	一部の地点で実施(必要に応じて水試料も分析)。	○	○	○		○		○			
	テトラクロロエチレン			○	○	○		○		○			
	1,1,1-トリクロロエタン			○	○	○		○		○			
	1,1,2-トリクロロエタン			○	○	○		○		○			
	トリクロロエチレン			○	○	○		○		○			
ベンゼン			○	○	○		○		○				
新規物質	1,4-ジオキサン	水抽出後 固層抽出 GC/MS法									○	基準値設定なし。	
	塩化ビニルモノマー	メタノール抽出 GC/MS法 (VOCの含有量分析に準拠)									○	基準値設定なし。	
	1,2-ジクロロエチレン	メタノール抽出 GC/MS法 (VOCの含有量分析に準拠)									○	基準値設定なし。	
重金属等	ガドミウム		○	○	○		○(農地)		○				
	六価クロム		○	○	○		○		○				
	シアン		○	○	○		○		○				
	総水銀		○	○	○		○		○	○		埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。	
	アルキル水銀		○	○	○		○		○				
	セレン		○	○	○		○		○				
	鉛		○	○	○		○		○				
	砒素	湿試料をベースに土壌環境基準(溶出量: 環境省告示46号、含有量: 環境省告示19号)、廃棄物溶出基準(環境省告示13号)に準じて試験を実施		○	○	○		○(農地)		○	○		埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。
	ふっ素		○	○	○		○		○				
	ほう素		○	○	○		○		○				
	銅						○(農地)		○				
	亜鉛								○				
その他	シマジン		○	○	○		○		○				
	チオベンカルブ		○	○	○		○		○				
	テウラム		○	○	○		○		○				
	HCB								○	○		埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。	
	DDT								○	○		埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。	
	アルドリル	アセトン振とう抽出後、ソックスレー抽出(トルエン)→フロリジルグリーンアップ→HRGC-HRMS							○	○		埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。	
	エンドリン	環境省環境保健部環境安全課編「化学物質の実態調査実施の手引き(H21年3月)」に従い、POPs残留状況の監視事業(POPsモニタリング調査)で実施の方法に準拠							○	○		埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。	
	ディルドリン								○	○		埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。	
	クロルデン								○	○		埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。	
	ヘプタコロール									○	○	埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。	
	PBDEs												
	PFOS	メタノール抽出、固相カートリッジ⇒LC-MS-MS										POP条約 新規追加物質	
	クロルデコン		クロルデコン、ヘキサプロモビフェニルは国内使用しておらず、検出されることはまずないので分析対象としない。									POP条約 新規追加物質	
	ヘキサプロモビフェニル											POP条約 新規追加物質	
	リンデン(γ-HCH)	アセトン振とう抽出後、ソックスレー抽出(トルエン)→フロリジルグリーンアップ→HRGC-HRMS										POP条約 新規追加物質	
β-ヘキサクロロシクロヘキサセン	環境省環境保健部環境安全課編「化学物質の実態調査実施の手引き(H21年3月)」で実施のPOPsモニタリング調査で実施の方法に準拠										POP条約 新規追加物質		
β-ヘキサクロロシクロヘキサセン											POP条約 新規追加物質		
ペンタクロロベンゼン											POP条約 新規追加物質		
有機スズ化合物	溶媒抽出、NaBEt4誘導体化→GC-MS 要調査項目マニュアル(H14)												
アスベスト	風乾→偏光顕微鏡もしくは分散染色法												
PCB	アセトン振とう抽出後、ソックスレー抽出(トルエン)→クリーンアップ→HRGC-HRMS		○	○	○		○		○				
ダイオキシン類			○	○					○	○		ダイオキシン類対策特別措置法	
有機りん化合物					○			○	○	○		埋設農薬調査-指針等マニュアル、指針値あり。	
有機塩素化合物									○				
鉱油類	TPH(二硫化炭素抽出 GC-FID法) PAHs(溶媒抽出 GC/MS法)	全石油系炭化水素(TPH, GC-FID法)やPAHs(EPA16種)は油汚染の分析を検討する。									○	油汚染対策ガイドライン(TPHのみ)、基準値設定なし。	
一般項目	pH	地盤工学会基準 JGS 0211 精製水混合液によるガラス電極法											
	乾燥減量(含水率)	底質調査方法Ⅱ-3 105℃乾燥重量法											
	強熱減量(1L)	底質調査方法Ⅱ-4 600℃強熱重量法											
	n-ヘキサン抽出物質	S49 環告第64号付表4 抽出・重量法、下水試験方法2.2.40											
	電気伝導度	地盤工学会基準 JGS 0212 精製水混合液による白金電極法											

※1: 表中の灰色網掛けは、今回の分析対象物質を示す。



付 録

平成 23 年度津波堆積物適正処理手法検討会 委員名簿

所属	役職・氏名	
北海道大学大学院工学研究院	教授	松藤 敏彦
東北大学大学院環境科学研究科	教授	吉岡 敏明
岩手大学農学部	教授	颯田 尚哉
愛媛大学	教授	貴田 晶子
京都大学環境科学センター	教授	酒井 伸一
京都大学環境科学センター	助教	浅利 美鈴
京都大学大学院工学研究科	准教授	平山 修久
福岡女子大学環境科学科	教授	野馬 幸生
独立行政法人国立環境研究所	センター長	大迫 政浩
独立行政法人国立環境研究所	室長	滝上 英孝
独立行政法人国立環境研究所	研究員	小口 正弘
日本環境安全事業(株)	取締役	由田 秀人
宮城県環境生活部	次長	加茂 雅弘
仙台市環境局	環境部長	小林 陽一
岩手県環境生活部資源循環課	主任主査	佐々木秀幸
東京都環境局廃棄物対策部	部長	木村 尊彦
大阪湾広域臨海環境整備センター	課長補佐	高田 光康
鹿島建設(株)環境本部	本部長	塚田 高明
(株)大林組環境技術第一部	部長	峠 和男
(株)鴻池組土木技術部	部長	保賀 康史
清水建設(株)土木技術本部	主査	大野 文良
(作業グループ)		
(株)環境管理センター分析センター 技術本部	部長	豊口 敏之
(株)島津テクノリサーチ	取締役	高菅 卓三
(株)東和テクノロジー	代表取締役	友田啓二郎
(株)エックス都市研究所		山口 直久
パシフィックコンサルタンツ(株)		古松 正博
(事務局)		
一般社団法人廃棄物資源循環学会	事務局長	原 雄
〃		福本真由美