

# 名取処理区における災害廃棄物の処理について Treatment of disaster waste at “Natori treatment area”

湊 康裕\* 田中 壮\*  
Yasuhiro Minato Sou Tanaka  
永野 心治\* 武田 修治\*  
Shinji Nagano Syuji Takeda

## 要 約

2011年3月11日の東日本大震災において発生した津波により、宮城県名取市の沿岸部は壊滅的な被害を受けた。宮城県発注の津波等被害により生じた災害廃棄物の処理業務を西松・佐藤・奥田・グリーン企画・上の組特定業務共同企業体が受託した。2011年10月に業務を着手し、2014年3月末までの約2年半の間に、処理施設の造成、焼却施設設置、災害廃棄物549千トンと津波堆積物222千トンの処理を行った。名取処理区における災害廃棄物処理について報告する。

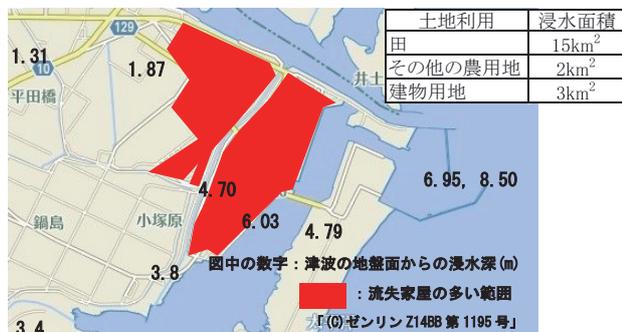
## 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 業務概要
- § 3. 処理内容
- § 4. 施設の解体・撤去
- § 5. 環境対策
- § 6. おわりに

### § 1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災において発生した津波により、宮城県名取市も沿岸部（閑上・下増田地区）は壊滅的な被害を受けた。閑上地区における津波浸水深さおよび流失家屋が多かった範囲を図一に示す。

名取市で発生した災害廃棄物のうち、宮城県に事務委託された災害廃棄物の処理業務内容について報告する。



図一 閑上地区被害状況（名取市 HP を参考に作成）

### § 2. 業務概要

#### 2-1 概要

業務名：平成 23 年度環災第 1-261 号 災害廃棄物処理業務（巨理名取ブロック（名取処理区））

発注者：宮城県

工 期：2011 年 10 月 19 日～2014 年 3 月 25 日

業務内容は、二次仮置場における中間処理施設の設計施工、一次仮置き場から二次仮置き場への運搬、災害廃棄物の中間処理、リサイクル先／最終処分先への運搬、処理施設の解体・撤去・復旧である。

名取処理区における災害廃棄物の主な数量は、可燃物（粗大ごみ・混合ごみ）が 411 千 t、コンクリートくずが 98 千 t、津波堆積物が 222 千 t であった。土砂を大量に含む混合廃棄物の割合（53%）が高かった。処理数量を表一に示す。

表一 処理対象数量

種別		処理量 (千 t)		構成比 (%)	
可燃物	木くず	11	422	1	54
	粗大ごみ・混合ごみ	411		53	
不燃物	コンクリートくず	98	127	13	71
	アスファルトくず	4		1	
	金属くず	11		1	
	粗大ごみ・混合ごみ	14		2	
津波堆積物		222		29	
処理量合計		771		100	

廃棄物処理施設の設置に先立ち、生活環境影響調査が行われ、それに伴い関係法令（廃掃法、大気汚染防止法、水質汚濁防止法等）に対する届出が必要であった。各種

\* 北日本（支）名取（出）

届出の完了により時宜が定められ、焼却施設の段階的な着手が認められた。

平成 23 年 10 月に二次仮置場の造成に着手し、平成 24 年 3 月末に 1 系焼却炉の火入れを行い、中間処理を開始した。造成・施設建設と並行して、二次仮置場に集積されていたがれきの一次仮置場への移動を行った。平成 24 年 6 月末には、二次仮置場の整備が完了した。

二次仮置場内の本格稼働時は、約 4 万 t/月の中間処理を行い、約 4,000 t/月の焼却処理を行った。

平成 24 年 11 月からは、名取市内の農地に堆積した津波堆積物（約 14.8 万 t）から廃棄物を分別し、農地土砂として再利用する業務が追加された。

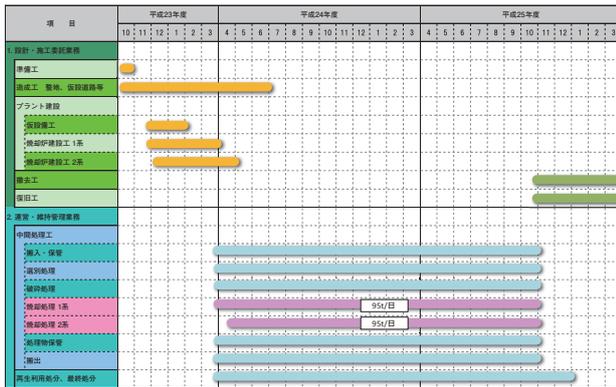


図-2 概略実施工程

2-2 業務開始までの状況

名取市は、沿岸部で津波により甚大な被害を受けたが、盛土構造の東部自動車道により内陸部への浸水が抑えられた。内陸部の被害は少なかったこともあり、混乱した中で人命救助に続き、震災後の早い段階から自治体の統率により、がれき処理が積極的に進められていた。がれきは、被害の集中した閑上と小塚原の一次仮置場に集積されていた。

閑上の一次仮置場では、膨大な量の混合廃棄物が集積されており、また 2011 年 9 月中旬に自然発火したという経緯があった。散水のみでは消火にいたらず、土砂散布による窒息消火がなされ、鎮静後から業務着手前まで、防火対策としてがれきに海水散水が継続された。

閑上に仮置きされた全てのがれきは、用地を本業務の二次仮置場として使用するため、処理開始前に南側の一次仮置場に移動された。



写真-1 小塚原・閑上一次仮置場（平成 24 年 5 月撮影）

§ 3. 処理内容

災害廃棄物は、一般廃棄物として扱われ区内・県内・県外の優先順位で処理を行う必要がある。さらに東北地方沿岸部での大量のがれきが発生したことを考慮して、最終処分量を極力低減させて再利用・再生利用を図ることを処理方針とした。その結果、災害廃棄物処理は、区内で約 98%、宮城県内で約 99%の処理を行い、再生利用率は約 94%とすることができた。

本処理区で行った災害廃棄物の処理フローを図-3 に示す。

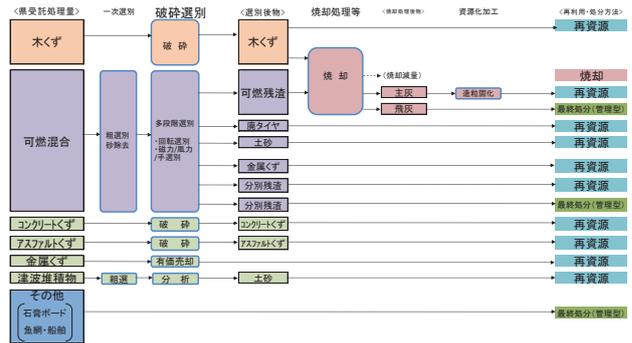


図-3 処理フロー

3-1 施設配置

施設の配置を図-4 に示す。用地面積が 6.6 ha と狭隘であったため、災害廃棄物の搬入・計量・搬出、破碎・分別処理、処理物の移動、焼却施設の運転、処理物の量・性状等を勘案し、安全かつ効率的な施設配置とした。処理施設は、移動式の機械を主体とした。

なお、処理の進捗に伴ない変化する処理物の内容・量、焼却状況等に応じて、適宜、各エリアの機械配置の調整・増強等を行なった。

仮置場の造成に際し、地震による用地の地盤沈下および余震による津波発生時の防御策として、造成高の嵩上げを行なった。さらに、JV 事務所棟をピロティ形式として避難可能な構造とした。また焼却施設建設に対して、地耐力確保のため地盤改良を行った。

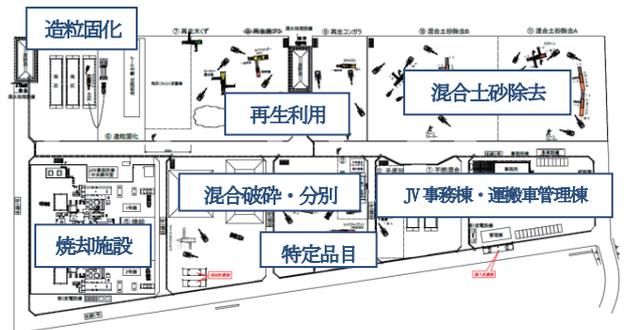


図-4 施設配置図

### 3-2 搬出入の管理

搬出入管理の対象は、①二次仮置場への搬入量、②最終処分場等への搬出量、③二次仮置場での中間処理後の再利用等の搬出量、④二次仮置場内での処分量(破碎、選別、焼却)等である。

それらの管理には、ICカードを使用し、トラックスケールと連動させて運搬車両毎の「車両番号、災害廃棄物の種類、積込場所」に対する計量を行った。

### 3-3 廃棄物の処理方法

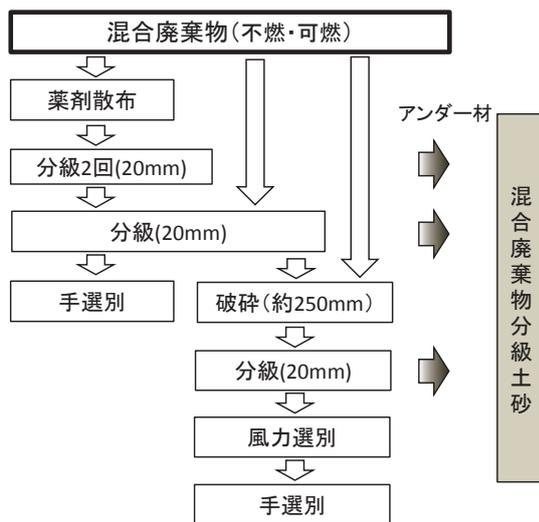
#### (1) 粗選別

大量の混合廃棄物には、土砂を含んだ可燃物・木材、コンクリートガラ・金属等の不燃物が雑多に混じった状態で存置されていた。二次仮置場への積み込み時に粗選別を行い、処理の効率化を計った。なお一部の廃棄物は、震災後の名取市によるがれき処理により、木くず、コンクリートガラ、ガラス陶磁器くず、金属等が分別されて一次仮置場に集積されていた。

#### (2) 砂混じり混合廃棄物の前処理

混合廃棄物の主な処理フローを図一5に示す。混合廃棄物は、閑上一次仮置場での大規模火災時に窒息消火として土砂散布がなされ大量の土砂を含んでいた。

そのため、砂混じり混合廃棄物については、前処理として高分子系改質薬剤(剥離剤)の散布、回転式篩機(2台)、振動式篩機(1台)を用いた土砂分の除去作業を実施した。なお、土砂の混入状況により、適宜、混合廃棄物の処理工程の選択を行った。



図一5 混合廃棄物の主な処理フロー

#### (3) 破碎・選別

土砂分を除去した廃棄物のうち、ミドル材(スクリーン20mm超過~75mm以下)は可燃物(木片等)が多いため、手選別により不燃物(金属・石片等)を分別した。オーバー材(スクリーン75mm超過)および土砂混

入の少ない混合廃棄物は、以降の選別処理を機械を使用して効率的に行うため、まず破碎機により250mm程度に破碎処理を行った。その後、回転式篩機により20mmスクリーンを通過させることで改めて土砂分の除去を行った。次に風力篩機を用いて比重により重量物(主にコンガラ・金属等の不燃物)と、軽量物(プラスチック類の可燃物)に分別を行なった。その後、手選別ラインにより重量物から可燃物(木片等)の分別を行った。

混合廃棄物は、がれきの山毎で土砂の含有量・可燃・不燃の比率が異なり性状の幅は広がったが、約37万tは砂の除去処理が必要であった。そのため、分別機械への負担も大きかったため、メンテナンスでは部品調達・交換などに留意した。

焼却物の分別の観点および焼却物の熱量確保のため土砂分を極力除去する必要があった。さらに、焼却物の不燃物(土砂、金属類)除去は、焼却施設の駆動部への詰まり・機器の磨耗・焼却残渣の低減にも影響するため、処理の量および精度の点で重要な作業であった。

さらに、焼却残渣の状況を確認し、必要に応じて焼却物の分別を繰返して行った。特に、焼却残渣に金属くず、ガラスくず、タイルくず等の細かい不燃物の割合が増加傾向が見られた際は、分別の強化を行った。焼却物を、回転式篩機により再度選別し、さらに焼却物をヤードに広げ人力による不燃物の分別を行った。これらにより、焼却効率を上げて、焼却残渣を減らした。

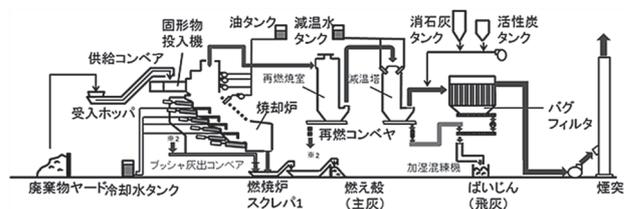
### 3-4 焼却処理

仮設焼却施設は、二次仮置場が狭隘であったこと、計画段階では廃棄物が粗分別されており効率的な焼却が可能と推測し、安定的に運転可能でコンパクトなストーカ炉(95t/日)を2炉設置した。

焼却処理フローを図一6に示す。2炉としたことでメンテナンス時期をずらして、最低1炉での焼却を可能とした。焼却量管理は、焼却物投入のホイールローダーを全車計量を行ない、焼却能力内で焼却状態を勘案しつつ投入を行なった。

電力は、商用電力を用い、非常時のバックアップとして発電機を用意した。

焼却処理施設の維持に必要な水は、井戸水のみを使用する計画であったが、水質を考慮して、地下水約50%および上水約50%で使用した。減温塔では、海水を含む地下水の塩分が析出し、噴霧ノズルの閉塞を回避するため上水の比率を高めた。



図一6 焼却処理フロー

焼却開始後、焼却物の低質化（発熱量の低下）により焼却効率が著しく低下した。これは、一般の廃棄物と異なり、がれきが火災時の散水・砂による窒息消火等を経ている経緯が影響している。焼却効率向上のため、助燃バーナの増設、攪拌パイプの撤去等の炉改造工事を行なった。また、焼却物の発熱量向上のため、分別段階に注意を払い、焼却物の性状確認および廃プラの確保、テント内保管による降雨の回避なども行い、焼却効率の向上を図った。

焼却ガスに含まれる有害ガス（塩化水素、硫黄酸化物等）は、乾式有害ガス除去装置およびろ過式集塵機により捕集除去した。煙突中間部において有害ガス、ばいじんの連続モニタリングにより、排ガスの監視を行った。

特に、塩化水素は管理基準に留意し、消石灰の吹込み増加、焼却量の一時的低減等により管理を行なった。また、焼却処理に当たり、消石灰、重金属安定剤等の消耗材の確保に配慮した。

3-5 焼却灰の処理

焼却処理により、燃えがらとして排出される主灰および排ガスに含まれる飛灰（ばいじん）が焼却灰として発生する。

飛灰の重金属安定化処理は、鉛含有量を確認し、重金属安定剤量を決定した。処理期間途中において、重金属安定剤使用量の増加、薬剤・水の混練りの強化を行った。飛灰は、フレコンバッグに詰められた状態でテント内に保管し、処理協議の完了後に、県内の管理型処分場に最終処分を行なった。

主灰は、当初計画では、県内の再資源化処理施設で無害化処理剤・セメントを用いて造粒固化し、再生路盤材等の補足材としての利用および最終処分としていた。しかし、焼却処理開始後、自区外への搬出が困難になったことから、二次仮置場内において酸化マグネシウムを主材とする改良材により造粒固化処理を行った。処理は、排出された主灰に混入した金属類を取り除き、一部クリンカ状になっているため、破碎処理を行った後に、改良材・水を混合した。造粒固化処理物の土質材料特性を調査した結果（表-2）、物理特性・強度は一般の土質材料と同程度以上あり、耐久性・安定性についても遜色がなく盛土材料に利用可能な性状であることが確認された。また

表-2 焼却主灰造粒固化処理物の材料試験結果<sup>1)</sup>

項目		固化処理物	
締固め	締固め方法	B-c 法	E-c 法
	最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.352	1.460
	最適含水比 (%)	29.8	23.6
CBR	修正 CBR 95% (%)	-	64.2
	修正 CBR 90% (%)	-	34.4
三軸	粘着力 c <sub>d</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	21.3	-
	内部摩擦角 φ <sub>d</sub> (°)	35.9	-

造粒固化処理物は、600 m<sup>3</sup> 毎に重金属類の溶出試験を行い、問題のないことを確認した。

造粒固化処理物は、名取市用地の嵩上げに盛土の中込材として利用し、側面は津波堆積物で形成し、表面をコンクリートガラで被覆した。

3-6 再生利用物

再生利用の処理数量を表-3に、処理概要を以下に示す。

表-3 再生利用物一覧

区分	再資源化品目	主な発生元	数量(千t)
処理場内 再生	再生土砂	混合廃棄物 農地堆積土砂 津波堆積物	546
	再生碎石	コンクリートガラ	116
	主灰造粒固化材	焼却主灰	31
処理場外 再生	スクラップ	スクラップ	12
	再生アスファルト合材	アスファルトガラ	4
	ボイラー燃料	廃タイヤ	1
	PB 材	木くず	3
	ボイラー燃料	木くず	4
	瓦, ガラス, 陶磁器くず等		10
計			727

(1) 津波堆積物及び混合廃棄物分級土砂

津波堆積物（混合廃棄物分級土砂）は、重金属類の分析結果を確認し、仮置場の盛土材、海岸堤防工事、嵩上げ両端の押さえ盛土として用いた。将来植樹される保安林への影響に対して、物理性（透水係数、礫含有量）、化学性（電気伝導率、pH）の確認を行った。

(2) コンクリートガラ

コンクリートガラは、破碎機により 40 mm 以下に破碎し、再生碎石等として利用した。

(3) 木くず

良質な解体木・生木等は、破碎処理した後、パーティクルボードの材料として再利用した。また、一部を、根をリサイクル工法「根を生チップ」に使用した。その他は、破碎処理したものをボイラー燃料として再利用した。

品質に対する要求水準（防腐剤 CCA、塩分、放射性物質）の確認を定期的実施した。しかし、防腐剤処理、堆積期間の経過による腐敗、異物の混入等による木材の品質が低下した段階で、再利用を中止し、二次仮置場内で焼却処分を行なった。

(4) スクラップおよび廃タイヤ

スクラップは有価売却を行った。廃タイヤ（燃料として再利用）は一次仮置場から中間処理業者に搬出した。

(5) 瓦, ガラス, 陶磁器くず

瓦, ガラス, 陶磁器くずは、関係機関による協議を経て、石巻市における港湾埋め立てに使用した。

### 3-7 最終処分

#### (1) 廃船舶の処理

廃船舶由来のFRPの処理は、テント内で破砕機により約500mm以下に破砕し、最終処分を行なった。最終処分とした理由は、焼却施設が駆動部を有するストーカ炉であるためクリンカによる閉塞トラブルの懸念、空気吹き込み孔の閉塞の恐れ、また、排ガスの管理が厳しい等が懸念されたためである。

#### (2) 石膏ボード

製造番号等でヒ素・カドミウム含有の石膏ボードが散見された。粉々に破砕されたボードの分別は現実的には困難なため、再生利用の計画は中止とした。溶出試験の結果を確認し、管理型処分場に最終処分を行なった。

#### (3) アスベスト関係、グラスウール、魚網、溶融鉄

管理型処分場に最終処分を行なった。

## §4. 施設の解体・撤去

### 4-1 焼却施設解体

焼却施設解体は、ダイオキシン類の飛散防止対策として全覆いテント内で行った。テント設置に先行し、ダイオキシン類対象外施設の撤去およびダイオキシン類対象施設の高圧水洗浄を行なった。煙突は、部分養生して分離し、全覆いテント設置後にテント内で洗浄を行なった。

全覆いテント（長さ約75m、幅約39m、高さ約26m）を設置し、ダイオキシン類対策を実施し、重機によりテント内で焼却施設の解体を行なった。テント設置に際し、基準風速30m/s、地表面粗度区分Ⅱで構造計算を行なった結果、屋根部桁側および妻側フレームの一部に補強を行なう必要があった。また、風荷重に対しては、ワイヤーを介し、鋼棒により水平方向を固定したカウンターウエイトとテントを固定することで対応した。

災害廃棄物処理という迅速な対応が求められた中での焼却施設解体ではあったが、ダイオキシン類対策および廃棄物適正処理に関して確実性を向上させるために、第三者評価がなされる焼却施設解体トータルマネジメントシステム（DiTs）を適用した<sup>3)</sup>。本システムは、焼却施設解体におけるダイオキシン類等の有害物質に係わる法規制に全て適合し、かつ作業従事者の保護、環境保全及び環境保護の観点に基づき、計画から発生廃棄物の処理まで、トータルに管理するものである。DiTsの概要と運用フローを図-7に示す。

システムは、「受注報告書」の提出により監査が開始される。1次監査としてDiTs監査委員会により施工計画書が審査され、是正事項の対応が求められた。次に、2次監査は、工事期間中に書類審査および現場立ち会いを受け施工計画書通りの施工であるかの直接確認がなされた。最後に3次監査として、工事完了報告書により施工の妥当性および廃棄物の適正処理・処分等に関する資料の審査を経て、DiTsに適合した工事完了の確認を受けた。

第3管理区域で作業する作業員のダイオキシン類ばく露のリスクのため、自社開発した入退場管理システム（ICタグシステム）を導入した。非接触型のICタグをヘルメット内部に装着し、設置したICゲートを通すだけで、入退場の管理が行えるものである。

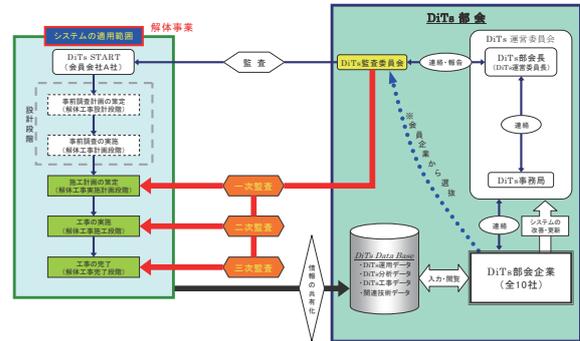


図-7 DiTsの概要と運用フロー

DiTsでは、有害物質による高濃度ばく露の防止の観点から要綱以上の対策を要求している部分があり、第3管理区域への入場者に対して血中ダイオキシン類濃度のサンプル調査を行った。その結果、先行洗浄前後および解体作業後の血中ダイオキシン類濃度について問題が無いことを確認した。環境影響については、解体前・中の大気分析、および解体後の土壌分析を行った結果、環境基準以下であった。

本焼却施設解体工事は、当社としてDiTs適合工事2件目となった。得られた知見を今後の解体工事に広く適用していく予定である。



写真-2 テント内解体（左）、DiTs現場監査状況（右）

### 4-2 その他施設の解体および復旧工事

保管テント、地下浸透対策（土間コンクリート、アスファルト舗装等）を順次解体し、発生した廃棄物は、中間処分場での再生処理・最終処分等を行った。

## §5. 環境対策

### 5-1 環境対策の概要

二次仮置場用地は、漁港に隣接するため、災害廃棄物処理による周辺環境および作業環境の保全を目的として各種環境対策を行なった。

環境対策は、粉塵対策として、高さ6mの防塵ネットを処理区全周に設置した。土壌汚染対策として用地全面に地下浸透対策（土間コンクリートあるいはアスファルト舗装等）を行った。雨水は、各処理ヤードに埋設した

タンクに表流水として貯留し、粉じん対策としてがれきおよび場内の散水に再利用した。また、温室効果ガスの排出量削減策として、商用電力の使用、太陽光発電パネルの設置、バイオディーゼル燃料の使用、ハイブリッド乗用車の使用等を行なった。

5-2 環境モニタリングの概要

環境モニタリングとして、排ガス、騒音・振動、粉じん・アスベスト粉じん、水質、臭気、放射線量率等の調査を日常・月次管理として行い、維持管理へのフィードバックを行った。必要に応じて各廃棄物調査を実施した。

写真-3に環境モニタリングの状況を示す。



写真-3 環境モニタリングの状況

(1) 環境モニタリング結果

実施した環境モニタリング結果の一部を表-4に示す。

二次仮置場敷地境界でのアスベスト粉じん、および排水中の有害物質は各々基準以下であった。排ガス、排水から放射性物質は、検出されなかった。飛灰の放射性物質は、291~933Bq/kgで平均約530 Bq/kgであった。また、二次仮置場敷地境界での空間線量率は0.03~0.08 μSv/h、平均約0.05 μSv/hで名取市内と同程度であった。

(2) 焼却炉関係

焼却炉の排ガス関係の測定結果を表-5に示す。硫黄酸化物、ばいじん、窒素酸化物は、各基準値に対して低いレベルであった。一方、塩化水素は、基準値に近いレベルとなるがあった。

(3) 仮置場跡地

二次仮置場は、用地管理者との協議による最終形状で返還を行なった。用地全面に地下浸透対策を行っていたが、土壌汚染調査を行い、問題が無いことを確認した。また、焼却炉跡地の土壌のダイオキシン類濃度は、最高で1.2 pg-TEQ/g-dryと、調査指標値250 pg-TEQ/g-dryを十分に下回った。

表-4 環境モニタリング結果

項目	測定対象・内容	単位	測定値の範囲	
大気環境	アスベスト粉じん	f/L	<0.056	~ 0.85
	可燃性ガス	-	不検出	~ 不検出
排水	一律排水基準項目	-	有害物質基準超過無し	
焼却灰 (焼却炉)	ダイオキシン類	ng-TEQ/g-dry	0.016	~ 0.08
	焼却残渣熱灼減量	%	1.2	~ 8.3
ばいじん (焼却炉)	ダイオキシン類	ng-TEQ/g-dry	0.019	~ 1.9
放射性セシウム濃度測定	ばいじん	Bq/kg	291	~ 933
	排ガス	Bq/m <sup>3</sup>	不検出	
	排水	Bq/L	不検出	
放射能 (空間線量率)	敷地境界	μSv/h	0.03	~ 0.08
	作業環境の空間線量率測定	μSv/h	0.03	~ 0.2
	廃棄物の表面線量(搬出車両)	μSv/h	0.02	~ 0.12

表-5 焼却炉の排ガス測定結果

測定項目	単位	基準値	測定結果 (O <sub>2</sub> =12%換算)	
			1系焼却炉	2系焼却炉
ダイオキシン類(DXNs)	ng-TEQ/m <sup>3</sup> N	1.0	0.00017	0.00290
硫黄酸化物(SOx)	(K値)	9.6	0.0058~1.1	0.058~1.1
ばいじん	g/m <sup>3</sup> N	0.08	<0.001~0.011	0.002~0.013
窒素酸化物(NOx)	ppm	250	24~102	21~79
塩化水素(HCl)	ppm	137	4.5~110	1.9~110
放射性核種※1	Bq/kg	※2	不検出	不検出

※1 ろ紙部とドレン部の合計

※2 [Cs134濃度(Bq/m<sup>3</sup>)/20(Bq/m<sup>3</sup>)] + [Cs137濃度(Bq/m<sup>3</sup>)/30(Bq/m<sup>3</sup>)] ≤ 1 (出典:宮城県震災廃棄物対策課 HP, 仮設焼却炉の維持管理について<sup>2)</sup>)

§ 6. おわりに

東日本大震災により名取市で発生した、膨大な震災廃棄物の処理を行った。震災後からの名取市による精力的ながれき処理を引き継いだことにより、円滑に処理の着手ができた。しかし、津波の猛威により倒壊した家屋が多くを占めるがれきであったが、その性状は土砂を含み様々であり、試行錯誤を重ねて処理を進めた。

震災廃棄物の処理により、がれきの性状に応じた処理方法、焼却施設に関連する管理、焼却灰の造粒固化処理等の一連の管理を行なうことができた。

遅滞なく処理を行えたことは、宮城県・名取市をはじめ関係機関の多大なるご指導ご鞭撻を賜ったおかげである。また、多くの関係者のご協力・復興へかける想いにより、復興への一助として災害廃棄物の処理を無事に終わらせることができた。関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 佐藤靖彦・平野孝行・湊康裕:「災害廃棄物処理における焼却主灰固化処理物の土質材料特性」, 第48回地盤工学研究発表会, pp. 151-152, 2013.
- 2) 宮城県震災廃棄物対策課 HP:  
<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/shinsaihaitai/monitoring.html>
- 3) 浅井 靖史他:「焼却施設解体トータルマネジメントシステム(DiTs)の適用事例」, 西松建設技報, VOL. 31, pp. 81-86, 2008.