

東日本大震災で発生した災害廃棄物等の処理業務について
～災害廃棄物処理業務報告～
宮城県災害廃棄物処理業務 亙理名取ブロック岩沼処理区

安藤ハザマ・奥田建設・上の組・春山建設・佐藤建設 特定業務共同企業体 砂山 浩紀

1. はじめに

岩沼市は、仙台平野の南部に位置し、沿岸部は緩やかな海浜地形であり、東日本大震災での津波到達距離は内陸部 5km 程度にまでおよび、約 46 万 t の災害廃棄物と約 16 万 t の津波堆積物が発生した。一次仮置場に集積された災害廃棄物と津波堆積物の処理は、岩沼市から宮城県へ事務委託され、安藤ハザマ・奥田建設・上の組・春山建設・佐藤建設 特定業務共同企業体 がその処理にあたった。本稿ではその概要を報告する。

2. 業務概要

本業務の概要を以下に示す。

- ・業務名：災害廃棄物処理業務亙理名取ブロック（岩沼処理区）
- ・委託者：宮城県
- ・受託者：安藤ハザマ・奥田建設・上の組・春山建設・佐藤建設 特定業務共同企業体
- ・受託金額：19,875,073,000 円（税抜）（第 2 回設計変更金額）
- ・業務場所：宮城県岩沼市
- ・工期：平成 23 年 10 月 19 日～平成 26 年 3 月 25 日
- ・業務範囲：1) 二次仮置場（破碎・選別施設、焼却処理施設等）の建設
 2) 一次仮置場から二次仮置場への災害廃棄物等の運搬
 3) 二次仮置場での中間処理（各種施設の運営・維持管理）
 4) 中間処理物のリサイクル、最終処分先への運搬・処分
 5) 災害廃棄物等処理完了後の施設の解体・撤去、敷地復旧
- ・対象数量：以下に示す。

表-1 対象数量

（単位：千トン）

種別		岩沼処理区分	県内連携分	合計	
災害廃棄物	可燃物	木くず	26.1	26.1	
		粗大・混合ごみ(可燃)	19.7	13.6	33.3
	不燃物	粗大・混合ごみ(不燃)	273.5		273.5
		コンクリートくず	135.7		135.7
		アスファルトくず	1.0		1.0
		金属くず	4.5		4.5
計		460.6	13.6	474.1	
津波堆積物		162.3		162.3	
処理対象量合計		622.9	13.6	636.5	

3. 処理業務について

(1) 処理の方針

被災地の復興に向けて、スピードを優先し、一次仮置場の早期撤去を第一の課題、リサイクル率の向上・最終処分量の低減を第二の課題とした。具体的な処理方策としては、廃棄物の量、質の変動に対応するため、固

定式の大型機械を配置した処理ラインを設けず、一般建設重機、自走式の分級機・破碎機を主体としたフレキシブルな設備構成と、徹底した人力選別による処理方式とし、以下の基本方針のもとに処理計画を策定した。

- ・一次仮置場の状況や一般の交通状況などを考慮した安全・安心な計画
- ・二次仮置場での業務の安全確保と二次災害の防止
- ・自区内リサイクル率 84%と自区内処理 89%の確保
- ・実績と経験のある企業と連携した確実・迅速な処理
- ・岩沼市経済への積極的な貢献

(2) 二次仮置き場の施設計画

二次仮置場は、津波により被害を受けた保安林約 17ha（公有地）を造成し設置した。配置計画に際しては、一次仮置場の早期撤去を考慮した貯留ヤード面積を確保するとともに、場内運搬の効率化を図るため、処理の流れに合致した動線となるようなヤード配置とし、場内道路は幅 10mの一方通行道路とした。また、二次仮置場の造成のための盛土材および場内道路の路盤材には、津波堆積物の分級土砂とコンクリートくずを破碎した再生碎石を一部再利用した。図-1 に二次仮置場のヤード配置を、表-2 に主要な設備を示す。



図-1 二次仮置き場の施設配置

表-2 主要設備一覧

種別	主な設備
選別	重機選別(バックホウ等60台) 風力選別機、振動ふるい等 人力床選別 手選別ライン
分級	自走式分級機 200t/日×7台
破碎	自走式破碎機 200t/日×1台(可燃物) 自走式破碎機 30t/日×1台(不燃物・コンから) 固定式破碎機 700t/日×1基(コンから)
焼却	固定床ストーカ炉 50t/日×2炉 ロータリーキルン炉 95t/日×1炉
造粒固化	造粒固化プラント 120m ³ /日×1基
運搬	ダンプトラック(10t)×70台 (一次運搬最盛期)
作業従事者数 二次仮置場建設期間：約500名(最盛期) 運営管理(処理業務)：約200名	

(3) 業務実施工程

図-2 に概略実施工程を示す。

	平成23年			平成24年												平成25年												平成26年			
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
二次仮置場施設建設																															
一次運搬 廃棄物等搬入																															
中間処理																															
二次運搬 リサイクル・最終処分																															
解体・撤去、復旧																															

図-2 概略実施工程

平成 23 年 11 月に二次仮置場の造成に着手し、平成 24 年 4 月には、焼却炉等の中間処理施設が完成した。造成、施設の建設・整備と並行して、一次仮置場から二次仮置場への運搬を平成 24 年 1 月より開始し、平成

24年6月末には一次仮置場の撤去、二次仮置場への廃棄物の集約を完了した。

二次仮置場では、廃棄物、津波堆積物合わせて約3.5万t/月の処理を行い、平成25年10月までに中間処理を終え、処理物の搬出、施設解体・撤去、敷地復旧を処理完了目標の平成26年3月までに完了した。処理の進捗状況を図-3に示す。

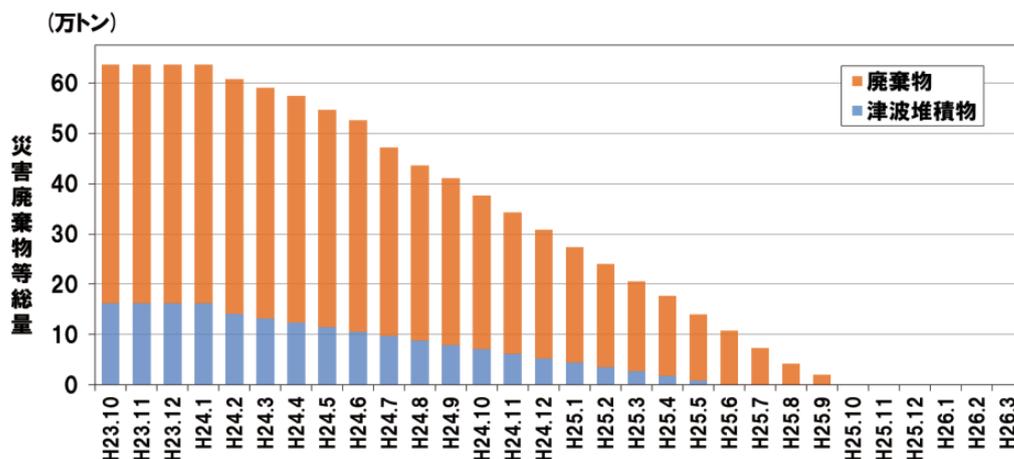


図-3 処理進捗図

(4) 処理業務

図-4に全体処理フローを示す。市内各所の一次仮置場に集積された災害廃棄物は、木くず、混合ごみ(可燃・不燃)、コンクリートくず、アスファルトくず、金属くずと津波堆積物に分類されており、品目ごとに二次仮置場に搬入、二次仮置場内で中間処理を行った。

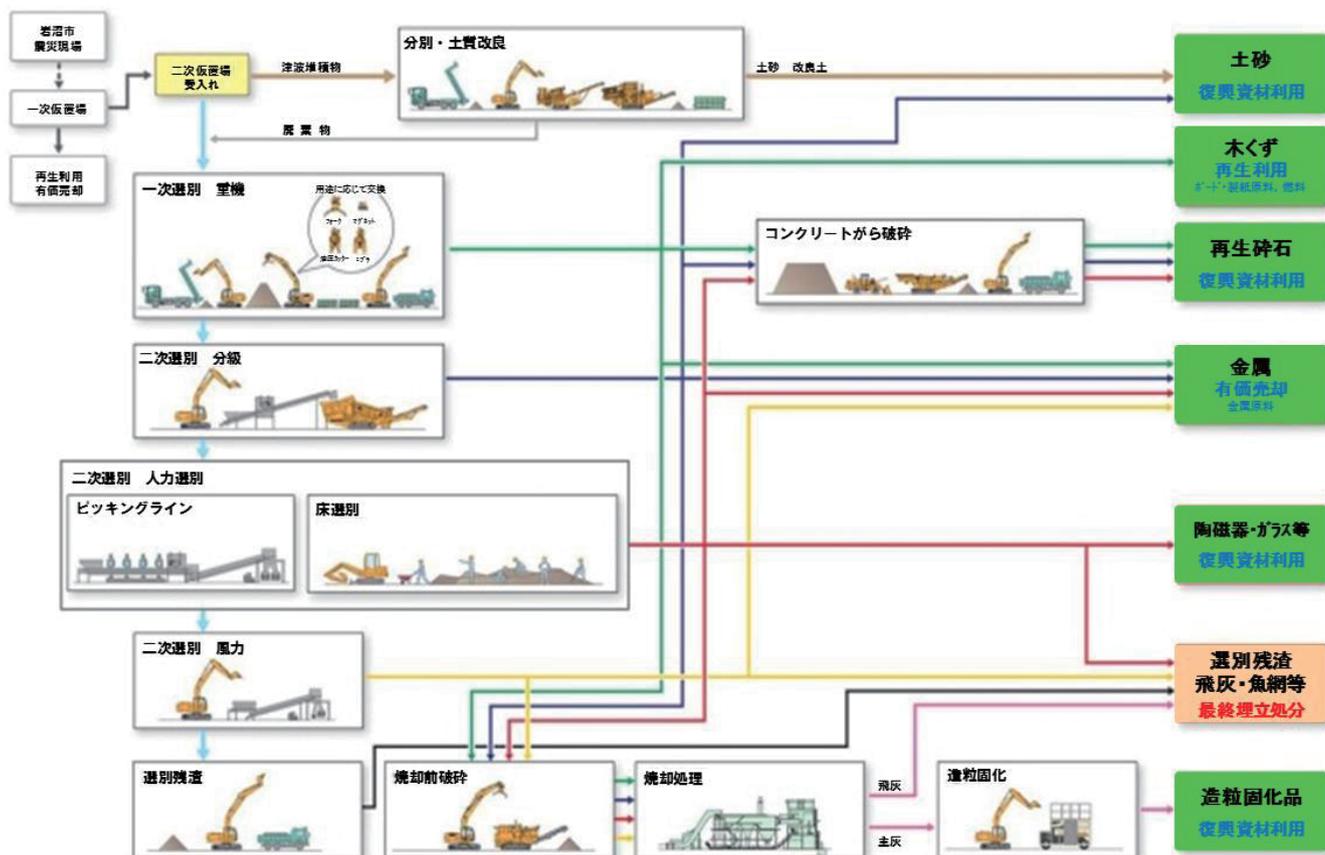


図-4 全体処理フロー図

木くずのうち再生利用可能な柱材、梁材、自然木は破碎せずに民間の再生事業者へ搬出し、ボード原料や燃料として再生利用、混合廃棄物は土砂混入率が高いことから、分級処理工程を複数回実施することにより、土砂の分離を徹底して行い、最終処分量の低減・再生利用の促進を図った。再生利用に不適な可燃物は、場内で焼却処理を行い、発生した飛灰は最終埋立処分、主灰は造粒固化処理を行い復興資材として搬出した。

二次仮置場での処理場状況を写真-1 に示す。



写真-1 二次仮置場の状況（平成 24 年 7 月）

① 受入

廃棄物・津波堆積物は、二次仮置場受入時にトラックスケールにより計量し、品目ごとの受入量を管理した。図-5 に受入進捗状況を示す。一次仮置場撤去完了（平成 24 年 6 月）以降も、岩沼市内の災害復旧事業等で収集された災害廃棄物の受入を二次仮置場で行った。また、平成 25 年 7 月末～10 月上旬まで県内連携処理として気仙沼処理区の廃棄物 1 万 3 千 t を別途受入れた。

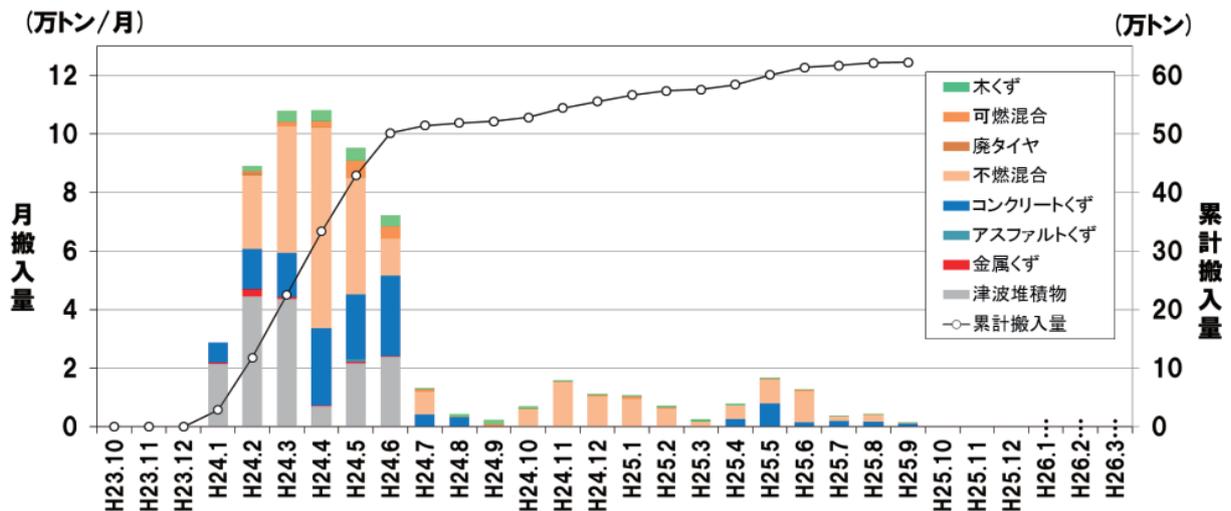


図-5 二次仮置場受入進捗図

② 選別

図-6 に混合廃棄物の処理フローを示す。

まず、重機による一次選別（写真-2）により概ね 30cm 以上のものを全て選別した後、自走式分級機（振動ふるい）による分級選別で土砂を除去した（写真-3）。分級工程を複数回繰り返すことにより、廃棄物に付着した土砂分を徹底して分離する処理を行った。廃棄物の性状によっては、セメント混合処理による含水率低減を行い、分級の効率化を図った。土砂分離後の廃棄物は、床選別（写真-4、写真-5）、手選別ライン（写真-6）による人力選別で、再生利用可能なコンがら、ゴム、金属等、焼却処理する木片・廃プラ等を選別した。人力選別後の残渣は、風力選別機にかけ（写真-7）、焼却対象となる軽量物と小礫・土砂分を主体とする重量物

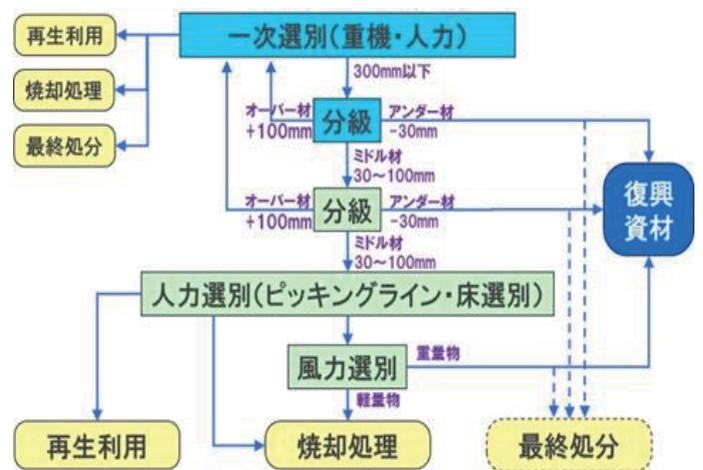


図-6 選別フロー

に分別した。選別前に混合状態での破碎処理を行わず、重機選別、分級選別、人力選別の各工程で目視確認による廃棄物の選定を行うことにより選別精度の向上を図った。



写真-2 重機選別状況



写真-3 分級選別状況



写真-4 床選別状況 (1)



写真-5 床選別状況 (2)



写真-6 手選別ライン



写真-7 風力選別機

③ 破碎

搬入、選別されたコンクリートくずは、移動式破碎機（写真-8）及び固定式破碎機（写真-9）により破碎処理を行い再生砕石（RC-40 相当）とし、復興資材として搬出した。

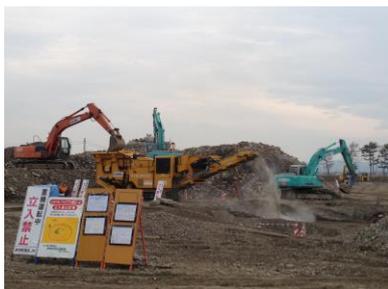


写真-8 移動式破碎機による破碎状況



写真-9 固定式破碎機による破碎状況

④ 焼却炉

固定床ストーカ炉（50t/日）×2 炉（1 号炉及び2 号炉）、ロータリーキルン炉（95t/日）×1 炉（3 号炉）、合計 3 炉の仮設焼却炉で焼却処理を行った。写真-10 に焼却炉の稼働状況を示す。



写真-10 稼働中の焼却炉

災害廃棄物は性状の変動が大きいとため、多様なごみ質に対応できるようにストーカ炉・キルン炉の 2 方式を採用したが、混合廃棄物の選別精度を向上させることで、安定した性状の可燃物を供給できたことから、ストーカ炉・キルン炉の使い分けは行わず、可燃物をプラスチック系と木質系に 2 分し、焼却炉投入時の混合割合を調整することで焼却効率の向上を図った。

選別処理した焼却対象物は、焼却処理の前に自走式破砕機により 15cm 以下に破砕し、焼却炉投入前には、目視確認により、不燃物、焼却不適物を手選別により除去している。破砕状況を写真-11 に示す。



写真-11 可燃物破砕状況

図-7 に焼却処理の進捗状況を示す。また、表-3 に焼却可燃物のごみ質を、図-8 に焼却残渣（主灰・飛灰）の発生状況を示す。焼却処理初期の段階では重機選別により選別された可燃物が主体であったが、選別処理が進み、混合廃棄物からの選別可燃物の割合が増加するに連れて、付着土砂分が多くなり、その結果、主灰の発生率も増加している。

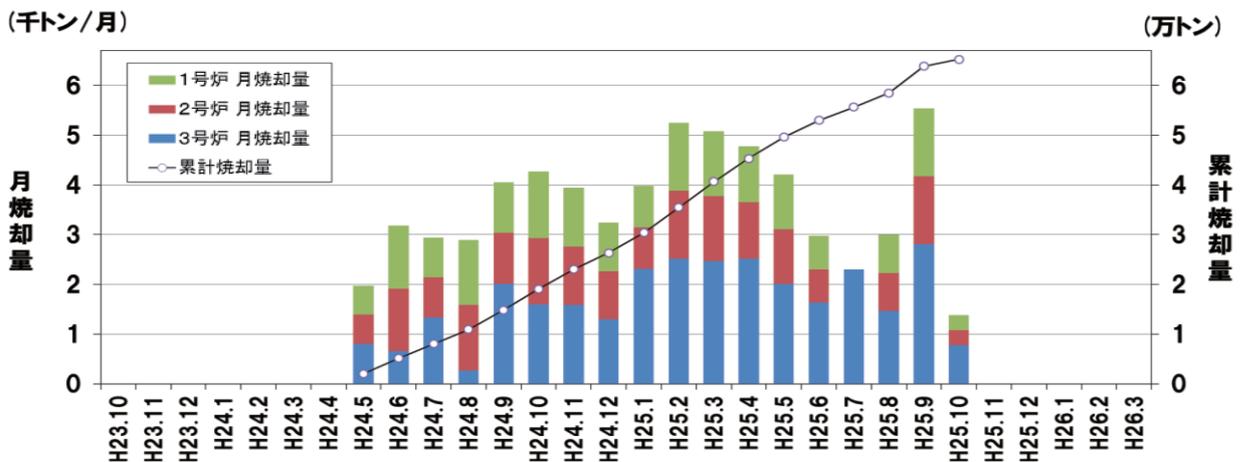


図-7 焼却処理進捗図

表-3 焼却可燃物のごみ質

項目		単位	試料採取日						
			2012/5/26	2012/5/27	2012/8/30	2012/11/20	2013/2/20	2013/5/1	2013/8/1
ごみ組成	紙類・布類	%dry	7.1	11.2	0.1	2.2	4.4	0.7	3.2
	ビニール・合成樹脂・ゴム・皮革類	%dry	26.3	14.6	0.9	6.5	6.3	4.3	5
	木・竹・ワラ類	%dry	55.2	56.5	87.9	26.0	24.9	37.7	31.4
	ちゅう芥類	%dry	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	不燃物類	%dry	9.5	5.5	1.3	35.7	48.5	28.8	30.1
	その他(5mm通過)	%dry	1.9	12.2	9.8	29.6	15.9	28.5	30.3
三成分	水分	%wet	40.5	33.1	21.0	26.0	22.2	23.3	37.9
	灰分	%wet	20.7	19.7	23.7	55.5	54.1	53.4	41.4
	可燃分	%wet	38.8	47.2	55.3	18.5	23.7	23.3	20.7
低位発熱量		kJ/kg (kcal)	8,400 (2,008)	10,300 (2,462)	9,900 (2,366)	4,000 (956)	4,100 (980)	5,400 (1,291)	4,100 (980)
見掛比重		t/m ³	0.274	0.300	0.186	0.368	0.387	0.461	0.647

混合廃棄物から選別した狭小物の付着土砂を完全に除去するまでには至らなかったが、未燃可燃物の発生等も無く、安定して焼却処理が行えていたこと、主灰は造粒固化処理により再資源化されることから、主灰の増加は問題とはならなかった。

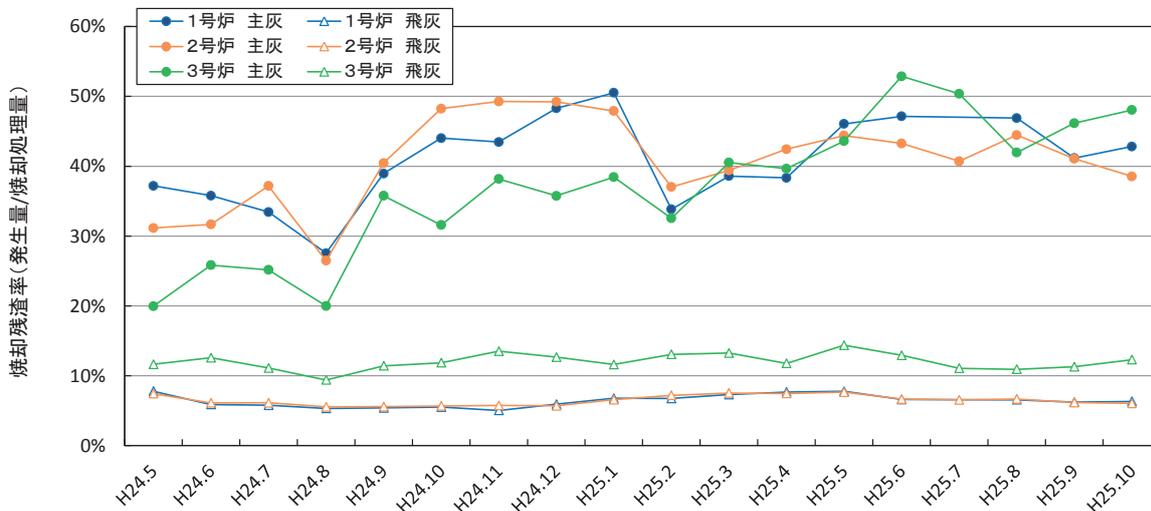


図-8 焼却残渣（主灰・飛灰）の発生率

⑤ 焼却灰処理

当初計画では、焼却炉から発生する主灰は、飛灰とともに最終埋立処分する計画であったが、発生主灰が土壌汚染対策法の溶出量基準・含有量基準及びダイオキシン類の土壌環境基準に適合していることが継続して確認できたことから、最終処分量の縮減と自区内リサイクルの更なる向上を図るため、場内で造粒固化処理を行い、復興資材として再利用することとした。写真-12 に造粒固化処理の状況を示す。改良仕様は、復興資材としての活用用途を考慮した必要最低限にとどめ、第二種建設発生土相当とした。



写真-12 造粒固化処理状況

図-9 に造粒固化物の材料特性を示す。尚、粒径加積曲線には、比較のため、分級土、再生砕石の結果も合わせて示している。

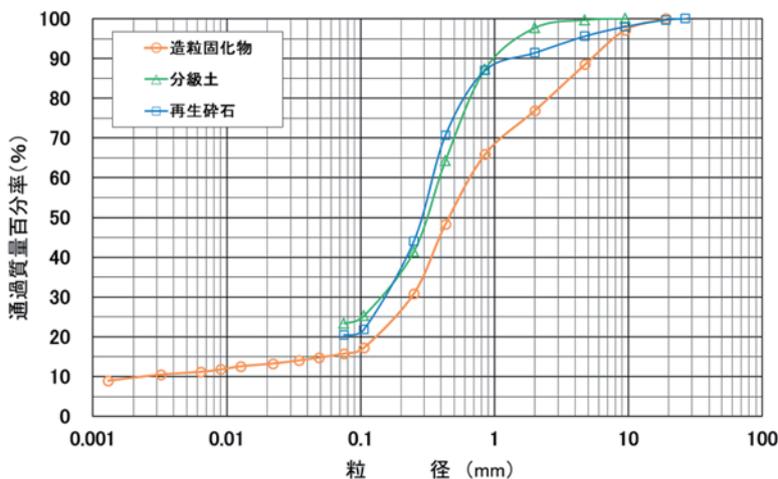


図-9 造粒固化物の材料特性

密度・含水比	
湿潤密度	1.436g/cm ³
乾燥密度	1.118g/cm ³
土粒子の密度	2.638g/cm ³
含水比	27.9%
コンシステンシー特性	
液性限界	NP
塑性限界	NP
塑性指数	NP
強度	
コーン指数	3.090kN/m ² 以上

⑥ 津波堆積物処理

津波堆積物は、混入しているごみを自走式分級機でふるい分けて取り除き、再生土砂として再利用した。分級処理に際しては、含水状態や分級効率を見定めながら、適宜、ふるい目・スクリーン形状（メッシュ・フィンガー）を変更した。コーン指数 400kN/m² 未満のものについては、セメント系固化材による改良処理を行った。



写真-13 津波堆積物分級処理

⑦ 搬出

二次仮置場で中間処理物の再生利用及び最終処分の状況を表-4に示す。自区内処理の状況は、自区内リサイクル率 92%、自区内処理 98%であり当初計画目標を達成した。自区外処理も含め全体としての処理区分は、リサイクル 93.4%、最終処分 1.4%、焼却処理による減量化 5.2%となった。

表-4 再生資材の活用・最終処分の状況

種別		数量	再生・処分方法	再生・処分先	備考（放射能受入基準）
再生利用	木くず	6 千トン	建材原料	北日本木材資源リサイクル連合会加盟企業（山形市、米沢市、寒河江市）	100Bq/kg以下、0.19μ S/h以下
	再生砕石	153 千トン	復興資材	岩沼市復興事業で土木資材として活用 復興資材仮置場 『千年希望の丘』整備工事	
	土砂	396 千トン			
	造粒固化材(主灰)	25 千トン			
	タイヤ・ゴムくず	2 千トン	燃料	岩沼市内民間施設	
	金属くず	11 千トン	有価売却	岩沼市内民間施設	
	計	593 千トン			
処最終	飛灰(ばいじん)	6 千トン	埋立処分	小鶴沢処理場、仙南最終処分場	8,000Bq/kg以下
	選別残渣、漁網・石膏ボード等	3 千トン	埋立処分	民間産業廃棄物処分場(米沢市)	4,000Bq/kg以下、0.19μ S/h以下
	計	9 千トン			
搬出量合計		602 千トン			

⑧ 品質管理

中間処理物の搬出に際しては、搬出物の安全性ならびに、利用先の要求品質、処分先の受入基準に適合していることを確認した。図-10に再生利用物及び最終処分物の放射性セシウム濃度の測定結果を、図-11～図-13に復興資材の土壌汚染対策法特定有害物質の測定結果を示している（表記のない物質は全て不検出）。

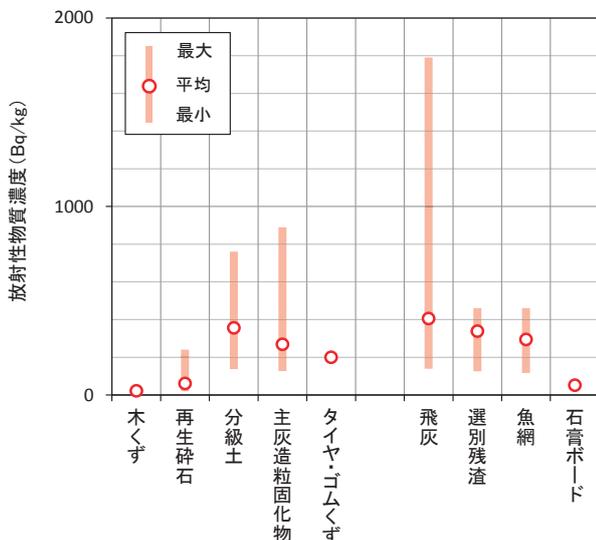


図-10 搬出物の放射性物質濃度

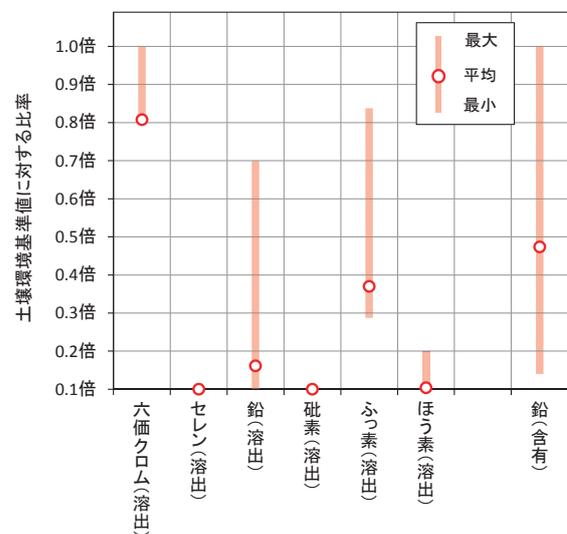


図-11 造粒固化物の有害物質分析

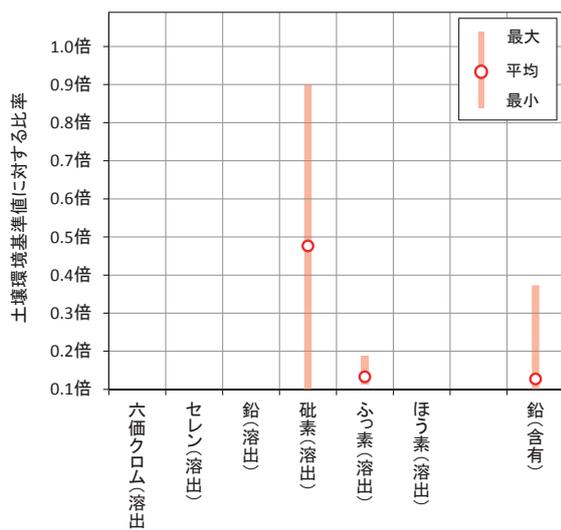


図-12 再生砕石の有害物質分析結果

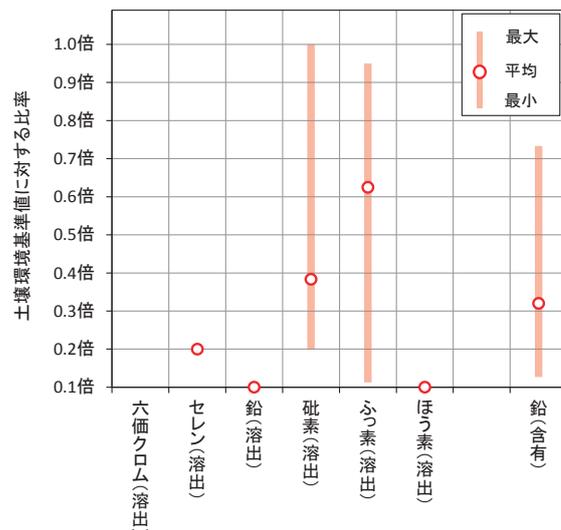


図-13 再生土砂の有害物質分析結果

(5) 搬入・搬出等運行管理

図-14 に搬出・搬入管理の概念図を示す。GPS 運行管理システムを運搬車両に搭載し、運行状況を集中管理するとともに、二次仮置場トラックスケールの計量情報も統合することで、車両ごとの積込、荷卸し場所・時間、運行ルート、積載物種類、積載重量の全データを一元管理した。一次仮置場から二次仮置場への搬入最盛期には、1日述べ800台の車両が運行したが、円滑に搬入・計量作業を行なうことができた。

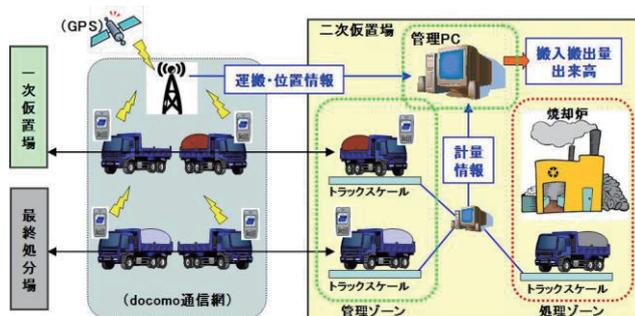


図-14 搬出・搬入管理の概念

4. 撤去・復旧

(1) 解体・撤去

処理完了後、処理施設、設備・機器をすべて解体・撤去した。焼却炉の解体にあたっては、隔離養生内での高圧水洗浄により付着物を除去した後、解体を実施した。写真-14 に焼却炉解体時の隔離養生テント設置状況を示す。表-5 に炉内付着物等の事前サンプリング調査の結果を示す。ダイオキシン類濃度は比較的 low、使用期間が短期であったこともあるが、良好な燃焼状態であったことがうかがえる。また、放射性物質濃度は、焼却処理中の飛灰と同等レベルで、耐火物への浸透・蓄積も確認されなかった。

表-5 焼却炉内付着物等事前サンプリング調査結果



写真-14 隔離養生状況

サンプリング項目	DXNs濃度 (ng-TEQ/g)			放射性物質濃度 (Bq/kg)		
	1号炉 (ストーカ)	2号炉 (ストーカ)	2号炉 (キルン)	1号炉 (ストーカ)	2号炉 (ストーカ)	2号炉 (キルン)
① 炉内壁面耐火物	<0.02	<0.02	<0.02	85	ND	300
② 炉内壁面付着物	0.24	<0.02	0.11	350	490	490
③ 二次燃焼室内壁面耐火物	<0.02	<0.02	<0.02	410	ND	680
④ 二次燃焼室内堆積物	0.12	<0.02	<0.02	790	630	1080
⑤ 誘引通風機(煙突)底部堆積物	1.5	2.1	2.1	49	95	900
⑥ バグフィルタろ布	0.23	0.14	0.96	189	39	1080
⑦ バグフィルタ内部堆積物	2.8	2.5	0.33	142	360	330
⑧ ガス冷却室内部付着物	0.17	0.1	0.11	55	890	710
⑨ 灰汚水槽内汚泥	0.03	0.13	1.2	490	235	101

(2) 復旧

二次仮置場用地は、造成前の原形復旧、更地化が条件となっていた。跡地は林野庁により保安林として復旧・整備される予定であり、協議の結果、一部場内道路は残して引き渡すこととなった。撤去した盛土材は復興資材として岩沼市に供給した。また、返還に際しては、災害廃棄物処理に起因する土壤汚染が発生していないことを確認するために土壤調査を実施した（写真-15）。



写真-15 復旧時土壤調査状況

5. 環境対策

(1) 周辺環境対策

大気、騒音・振動、臭気、水質、土壤汚染等の生活環境に係る項目、放射線量について、調査時期や頻度を定めて計画的なモニタリングを実施し、周辺環境への影響がないことを確認した。写真-16に環境測定状況例を示す。



写真-16 環境測定状況

(2) 作業環境対策

二次仮置場内に更衣室、浴室等を備えた休憩所（厚生棟）を設置する等、快適で働きやすい作業環境の提供に努めた。

7. 地元への貢献等

地域と一体のなった災害廃棄物処理を目指し、岩沼市地元 3 社を含む 5 社で企業体を構成し、地元建設業者と連携した処理の実施、地元企業、商工会、JA 等を通じた資機材、燃料、日用品等の調達を行った。また、地元コミュニティ FM 局での番組協賛と処理状況の情報発信や、地元行事への協賛、小学生の社会科見学受け入れ等、地域と密着した業務の推進を図った。



写真-17 「千年希望の丘」植樹祭への協賛



写真-18 地元小学生の社会科見学受入

8. おわりに

今回の災害廃棄物処理は、多様な廃棄物の性状に如何に対応するか、混入した土砂をどこまで分離できるか、その再利用を如何に図れるかがポイントであった。量・質の変動に対しては、大規模な固定設備を設けず、重機・人力に頼った処理方式としたことにより対応した。また、津波堆積物及び混合廃棄物由来の分級土砂について、懸念されたふっ素、砒素等による土壤汚染が無かったこと、岩沼市復興事業である「千年希望の丘」での盛土材需要とうまくマッチングし、復興資材として活用頂けたことが円滑に処理を進めることができた大きな要因である。