

## 第4章 石巻ブロックの災害廃棄物処理業務

### 第1節 震災後の状況

#### 第1項 地域特性

石巻ブロックは、宮城県東部に位置する石巻市・東松島市・女川町の2市1町からなる。

石巻市は市の中央部を旧北上川が南北に縦断し、右岸から西側地域は平野と北上川がもたらした肥沃な土壌から稲作を中心に農業が盛んである。左岸から東側地域はリアス式海岸で複雑な地形をしており漁業や養殖業が盛んである。港湾地域には漁港や工業港もあり、水産加工工場、製紙工場や木材加工工場が多く見られる。

東松島市は平坦な地形であり、海苔・牡蠣の養殖漁業と農業が主な産業である。

女川町は平地が少なく、リアス式海岸による良港を形成、日本有数の漁港があるほか、女川原子力発電所が立地している。



図4-1 石巻ブロックの位置図

#### 第2項 被災概要

石巻ブロックでは、国内最大規模の被害が発生した。

平野部が広がる石巻市中心部と東松島市では、海岸近くの住宅地、工場、農地を中心に大規模な被害を受け、リアス式海岸が広がる石巻市東部と女川町では、石巻市の支所、女川町役場、病院なども被災し、壊滅的な被害を受けた。

表4-1 石巻ブロックの被害状況（平成25年12月31日現在、県危機対策課公表資料）

	人的被害（人）		住家被害（棟）		
	死者	行方不明者	全壊	半壊	一部損壊
石巻市	3,518	441	19,974	13,098	19,948
東松島市	1,128	25	5,511	5,560	2,427
女川町	607	262	2,924	347	663



写真4-1 石巻市の被害状況



写真4-2 石巻市立門脇小学校付近の被害状況

### 第3項 災害廃棄物の特徴

石巻ブロックの災害廃棄物の特徴としては、漁網や船舶、工業団地から流出した肥料・飼料・紙等がある。

石巻市の災害廃棄物は、発災直後に自衛隊が道路啓開のため集積した、様々なものがミンチ状に混ざった混合廃棄物が、災害廃棄物の中でかなりの量を占めていた。さらに、廃棄物には土砂がかなり付着した状態であった。

一方、東松島市は過去の地震災での経験を活かし、一次仮置き場に持込んだ時に分別して集積しており、その後の選別作業の多くは人力により行った。

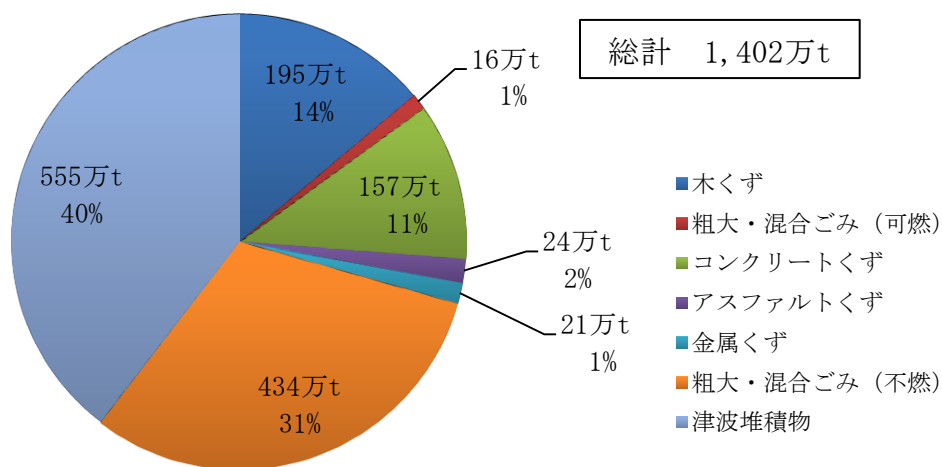


図4-2 災害廃棄物の当初設計時の発生量見込み (市町処理分含む)  
(県災害廃棄物処理構想(原案))

### 第4項 一次仮置き場の状況

石巻市の一次仮置き場は26ヶ所あり、立地条件・周辺状況や運搬経路の特徴から、市内を6つのエリア(市街地、河南、桃生・河北、北上・雄勝、牡鹿、離島)に区分し、陸路が狭隘な北上・雄勝エリア、牡鹿エリアと離島エリアは海上運搬を採用し、市内の交通渋滞の緩和を図った。

また、東松島市及び女川町にもそれぞれ一次仮置き場が設置されており、災害廃棄物が集積されていた。

一次仮置き場毎に、混合廃棄物のゴミ質組成(木質・紙類・繊維類・プラスチック等)の割合が異なっていた。また、比重も $0.191\text{t}/\text{m}^3 \sim 1.000\text{t}/\text{m}^3$ と大きな差があり、加重平均すると $0.602\text{t}/\text{m}^3$ となった。代表的な一次仮置き場におけるゴミ質組成分布を図4-4に示す。



写真4-3 雲雀野埠頭一次仮置き場



写真4-4 川口町1次仮置き場

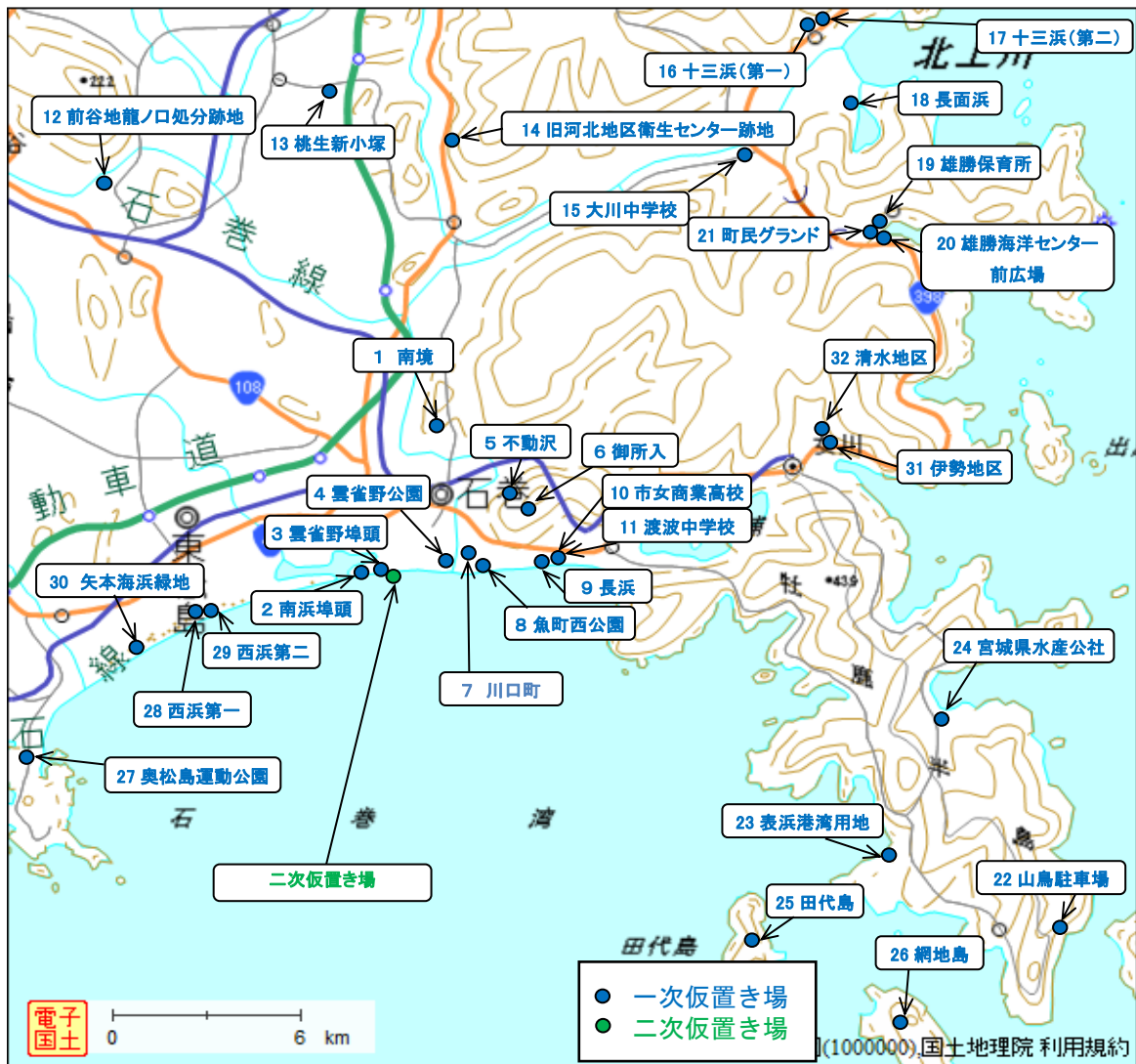


図4-3 仮置き場位置図

国土地理院提供

表4-2 一次仮置き場一覧

	エリア	一次仮置き場の名称	面積 (ha)		エリア	一次仮置き場の名称	面積 (ha)
1	市街地 エリア	南境	15.0	18	北上・雄勝 エリア	長面浜	
2		南浜埠頭	13.0	19		雄勝保育園	1.0
3		雲雀野埠頭	17.1	20		雄勝海洋センター前 広場	1.0
4		雲雀野公園	1.4	21		町民グラウンド	1.0
5		不動沢	3.0	22		山鳥駐車場	1.8
6		御所入	3.0	23	表浜港湾用地	2.0	
7		川口町	6.0	24	宮城県水産公社	3.0	
8		魚町西公園	2.0	25	田代島		
9		長浜	1.6	26	網地島		
10		市立女子商業高校	1.1	27	奥松島運動公園	21.0	
11		渡波中学校		28	東松島市	西浜第一	17.0
12	河南 エリア	前谷地 瀧ノ口処分場跡地	1.0	29		西浜第二	
13		桃生新小塚	1.5	30	矢本海浜緑地	34.8	
14	桃生・河北 エリア	旧河北地区 衛生センター跡地	0.7	31	女川町	伊勢地区	1.8
15		大川中学校	4.3	32		清水地区	3.0
16		十三浜 (第一)	2.0				
17		十三浜 (第二)	2.0				

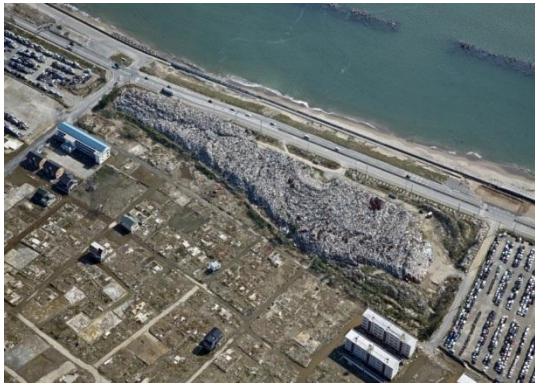


写真4-5 雲雀野公園一次仮置き場



写真4-6 表浜港湾用地一次仮置き場

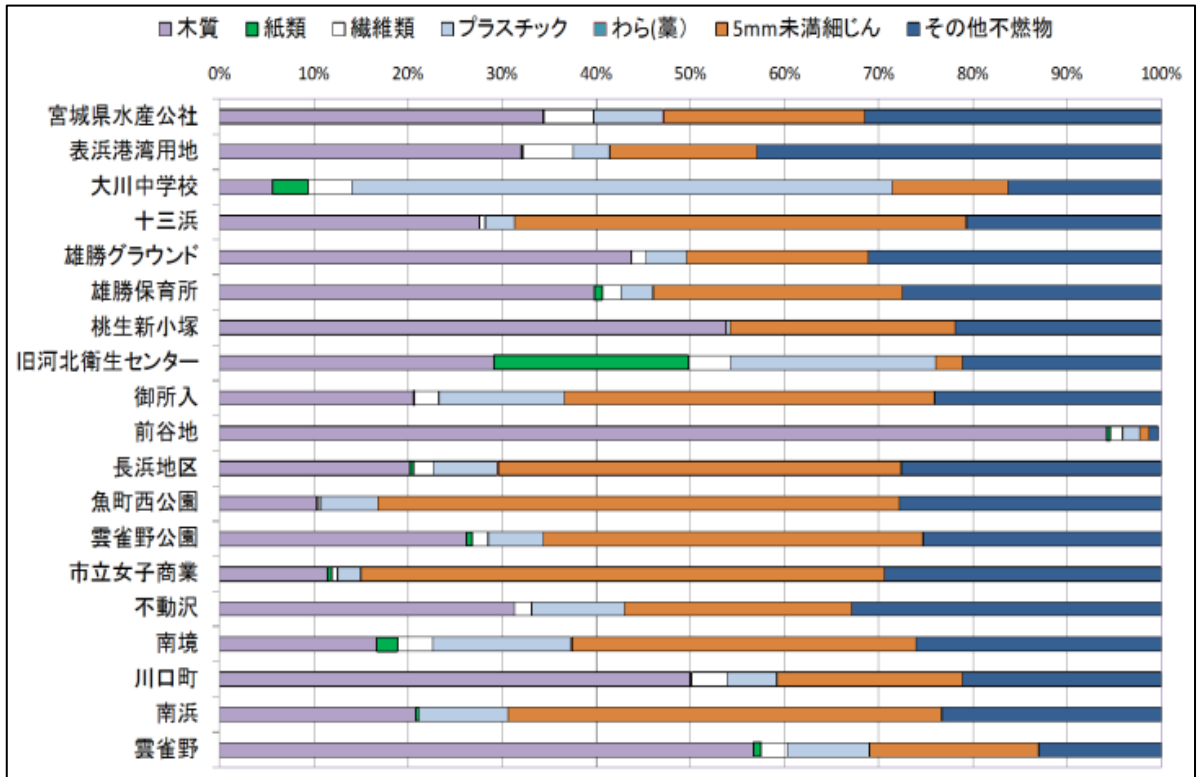


図4-4 ゴミ質組成分布

## 第2節 業務の基本的事項

### 第1項 災害廃棄物の処理量と業務範囲

石巻ブロックの災害廃棄物量は、「災害廃棄物処理実行計画」を基に推計量の見直しがなされた。プロポーザル発注時では災害廃棄物685万t、津波堆積物292万tであったが、津波により相当程度の災害廃棄物が海洋に流出し、また、被災家屋を修繕して住むケースがあったことから解体棟数が大幅に減少し、実行計画第二次案時点においては災害廃棄物321万t、津波堆積物43万tにそれぞれ減少した。

広域処理や再生利用の具体的な処理計画がほぼ固まってきたことで、平成26年3月に災害廃棄物処理対象量の見直しを行い最終的には、災害廃棄物241万t、津波堆積物71万tとなった。

図4-5に災害廃棄物量の推移状況を示す。

各市町と県との業務範囲の役割分担は、市町が実施できない部分を県が実施する原則を踏まえつつ、市町の意向を尊重して役割分担内容を設定した。

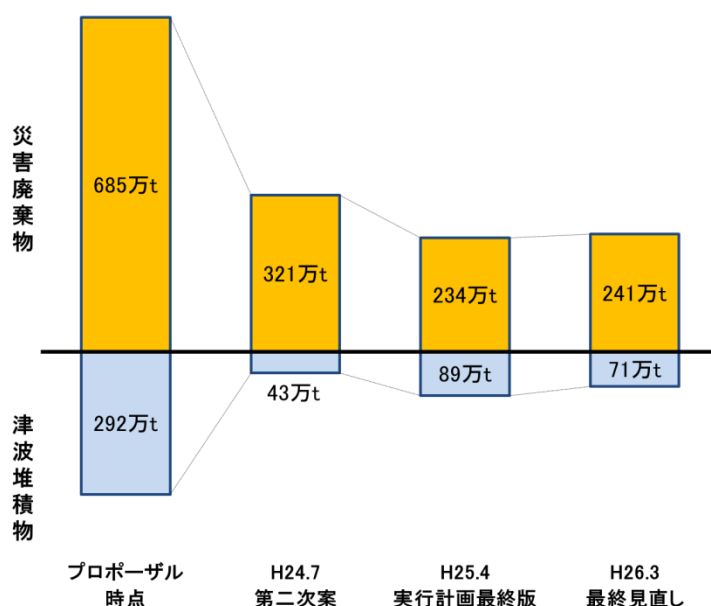


図4-5 災害廃棄物等推計量の推移

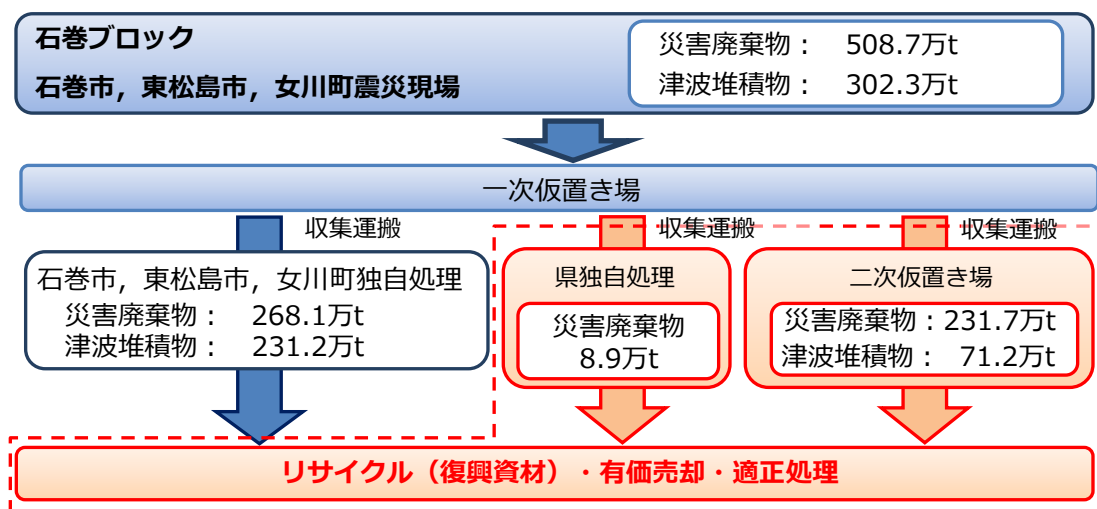


図4-6 業務範囲

## 第2項 処理方針

石巻ブロックでは、災害廃棄物処理業務により地域の復旧・復興に貢献することを基本とし、以下の方針に基づき処理施設の設計施工及び運搬・処理の運営管理を実施した。

1. スピード感  
一次仮置き場が生活環境に支障を及ぼしていることから、早期着工・完了を目指す。
2. 工程能力確保  
業務期間内に処理できる能力を確保し、数量増加時にも対応できる余裕を確保する。
3. ブロック内処理優先  
ブロック内処理を優先し、やむをえない場合に県内・県外の順で処理をする。
4. 分別・リサイクル促進  
分別を徹底し、可能な限り復興資材として再生利用する。
5. 地元経済貢献  
地元企業からの調達と優先雇用を促進し、復興に貢献する。
6. 安全・環境保全  
生活環境への影響を最小限にするとともに、有害物質や処理困難物を適切に処理する。

## 第3項 施設配置計画

災害廃棄物等の処理施設については、仙台塩釜港石巻港区（以下「石巻港」）雲雀野埠頭背後地の県が工業用地として分譲している土地などに広さ約50haの敷地を確保し、中間処理施設（粗選別施設・破碎選別施設・土質改質設備・コンクリート破碎設備・土壌洗浄設備等）を設置するとともに、石巻市潮見町地先に約18haの敷地を確保し、焼却処理施設（ロータリーキルン2基・ストーカ炉3基・造粒固化設備2基・バイオマスボイラー等）を建設し、24時間体制で災害廃棄物等の処理を行った。

二次仮置き場においては膨大な量の災害廃棄物等を処理するため作業の効率性が求められたが、ヤードが2箇所に分散していることから動線を考慮した効率的なヤード配置とした。また、災害廃棄物等の性状変動に対応するため、処理施設の工程能力に対して約30%以上の余裕を確保するとともに、設備増設の余地を約20%以上残した配置計画とした。



図4-7 中間処理施設概要図

## 第4項 実施工程（スケジュール）

当初計画では、仮設焼却炉稼働前から破碎選別し、可燃物を場外（外部委託）で焼却することにより、着手後2.5箇月で破碎選別施設を稼働させる計画であったが、放射能問題により場外での焼却の見通しが立たなくなったことから、仮設焼却炉の稼働開始に合わせて、破碎選別施設を稼働させた。

一方、仮設焼却炉の稼働については、生活環境影響評価調査結果に基づき環境保全対策に万全を期すための検討等に日数を要したことから、焼却炉稼働開始が当初予定の4箇月後となった。

表4-3 実施工程表

計画 実績	平成23年度			平成24年度									平成25年度									平成26年度				
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月		
既存廃棄物撤去・処分	計画			実績									既存混廃フレコンバック詰													
二次仮置場建設	計画			実績																						
二次仮置場への運搬	計画			実績									■ 気仙沼処理区連携処理													
破碎選別処理	計画			実績																						
焼却処理	計画			実績									■ 気仙沼処理区連携処理(焼却)													
リサイクル・最終処分	計画			実績																						
解体・撤去・原状回復													計画									実績				

■ 計画  
■ 実績

## 第5項 環境への配慮事項

災害廃棄物の処理に当たっては、膨大な量の災害廃棄物を短時間で運搬・処理することから、周辺環境に影響を与える可能性がある。そこで、災害廃棄物の処理に伴い周辺環境に影響が生じた場合、また、そのおそれがある場合には、速やかに適切な保全対策を検討・実施する必要があったことから、敷地境界にモニタリングポストを設置し、粉じん濃度・騒音・振動・悪臭等の常時監視モニタリングを実施するなど、常に周辺環境への影響を確認できる体制とした。

### 周辺環境への考え方及び取組

大気汚染防止対策として、大型車両・船舶・鉄道を使用し、運搬車両の台数削減やエコドライブの実施、一部の重機にエンジン回転数制御装置(エコ8)等を導入しCO<sub>2</sub>の削減を図った。

粉じん・石綿の飛散防止対策としては、飛散防止ネットの設置や場内散水の実施、保管廃棄物の飛散が懸念される場合にあっては、シート養生やテント内で保管するなどの対策を講じた。また、悪臭・害虫防止対策として、消臭剤や殺虫剤の散布を実施した。

### 作業環境への考え方及び取組

ファイバーモニターを作業場近傍に設置し、アスベストの常時監視を実施するとともに、作業環境における粉じん濃度等の測定監視を毎日実施した。また、作業着等に付着した粉じんの家庭等への持ち帰りを防止するため、エアシャワールームを設置するとともに、使用済み作業着は回収しクリーニング後に再支給した。

### 放射能管理への考え方及び取組

処理対象物の放射性物質濃度の測定や焼却炉での排ガス、主灰及び飛灰の放射性物質濃度の測定を実施し、管理の徹底を図った。また、周辺環境での空間放射線量も、毎日、測定を実施した。特に、災害廃棄物や処理後物を場外に搬出する際は、車両ごとに空間放射線量率の測定を行ない、安全性の確認を行った。搬出用トラックスケールには、時定数5秒で測定結果が得られる高速計測システムを導入した。



写真4-7 環境モニタリング状況

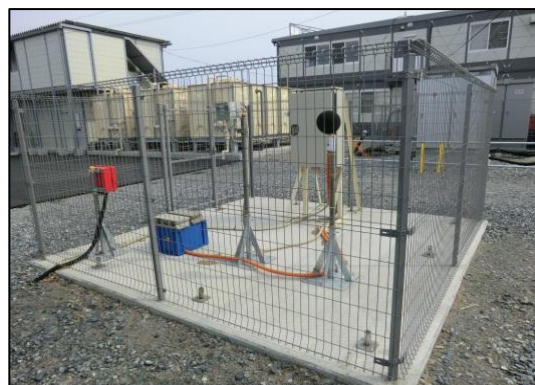


写真4-8 環境モニタリング状況



写真4-9 作業着等支給状況



写真4-10 作業着等回収状況



## 第3節 二次仮置き場造成工事

### 第1項 用地とインフラの概要

二次仮置き場の用地は、宮城県が石巻港として開発していた雲雀野埠頭背後地等であり、敷地は大きく2か所に分かれている。主に破碎・選別処理を行うAヤード(50ha)、焼却及び焼却灰の処理を行うBヤード(18ha)となっている。また、電力及び水道等のインフラは整備されていたものの、被災により十分な供給量を確保できなかったため、受注者による供給手段の確保を発注条件とした。

### 第2項 造成工事の概要

二次仮置き場を含む雲雀野埠頭周辺は東日本大震災の影響で沈下していたため1m程度盛土を行い、さらに既存の護岸も沈下し機能を果たしていなかったため、連続箱型鋼製枠で補修を行った。

当初、車道以外は“砂利舗装+遮水シート”でヤード内の作業を計画していたが、作業効率を勘案し、作業ヤードも全面的に舗装を敷設した。

インフラ関係のうち、電力については当初、東北電力からの商用電源の受電と焼却炉発電の併用を計画していたが、管理事務所は東北電力から受電することとし、大部分の処理施設への電力供給は発電機によりまかなった。用水については当初、海水淡水化施設の設置を計画していたが、近隣民間事業者の使用済み工業用水の供給を受けることとした。



写真4-11 造成着手前(平成23年10月撮影)



写真4-12 完成後(平成24年11月撮影)

### 第3項 施工上の課題と対応策

#### 既存廃棄物の撤去・処分

処理施設の建設予定地は、もともと石巻市の一次仮置き場として使用されていた。そのため、既に約80万tの災害廃棄物が集積されており、処理施設を建設するためには、この災害廃棄物を撤去する必要がある。

これらの一部は、当初、県外の施設に搬出し処理する計画だったが、放射能問題により、県外搬出が不可能になった。このため、災害廃棄物を4㎡の特殊な大型土のうに袋詰めし、石巻市内5箇所に仮置きし、特殊なシート(カバーリングシート)をかけて一時保管することとした。

#### 軟弱地盤の改良

また、雲雀野地区は港湾埋立地のため軟弱地盤上の土層構成となっている。プラントを建設するにあたり、スタビライザ工法やパワーブレンダー工法により浅層改良を行った。



写真4-13 既存廃棄物撤去の状況



写真4-14 地盤改良状況

## 第4節 運行管理

### 第1項 運行管理の概要

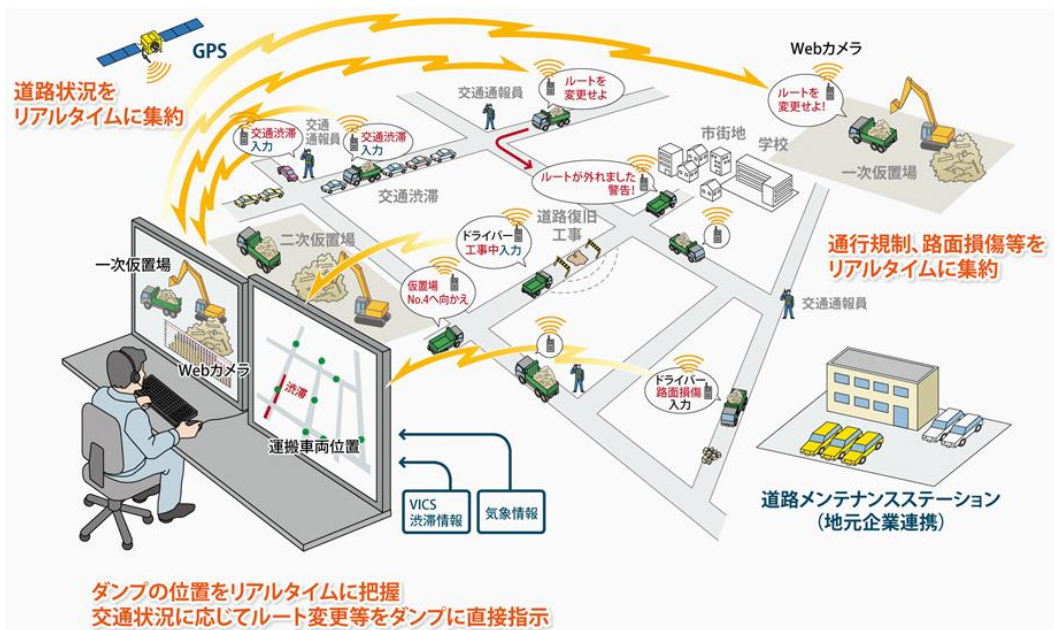
主要交差点での交通状況や災害廃棄物運搬車両の位置を、現場事務所内の運行管理室でリアルタイムに把握し、交通渋滞や交通規制に応じてフレキシブルに運搬ルートや積み込み場の変更をドライバーに指示する「スマートG-SAFE」にて運行管理を行った。

混雑を避けるルートや時間帯を周辺道路の交通状況から把握し、運転手にリアルタイムに指示するシステムである。事前に綿密な交通量調査を行い、地域・時間ごとの渋滞状況を調査したうえで、市街地8カ所に「交通通報員」を配置して混雑状況を日々捕捉した。市街地を走るダンプに運行管理システムの端末を装備させ管理を行った。



写真4-15 運行管理室

また、海上運搬については、AIS（自動船舶識別装置）を用いた運航管理システム（WIT-MVS）を導入し、運航管理及び安全管理の確保に努めた。



## 第2項 運行管理上の課題と対応策

### 交通渋滞・事故防止対策

石巻ブロックでは、震災による鉄道の運休が続いていたため、通勤車両が増加し、市内の幹線道路は朝夕に激しい渋滞が発生していた。更に、復旧・復興関連の工事車両も多く、慢性的な渋滞を引き起こしていた。

また、石巻市内だけでも25箇所の一歩置き場があり、離島部、半島部からは船舶による海上輸送を計画したが、それ以外は、陸上輸送せざるをえず交通量の多い市街地を通過する車両には効率的かつ安全なルートを選定しなければならなかった。この対策として、前項の「スマートG - SAFE」を新規に開発し、タブレット型GPS端末を利用して、ダンプ等の運搬車両の位置をリアルタイムに把握し、交通状況に応じたルート変更指示や落下物発見等の緊急通報などの双方向連絡を可能にし、より安全なルート確保に努めた。その結果、一歩置き場からの災害廃棄物運搬による交通渋滞を抑制することができた。



図4-9 タブレット端末とモニター表示

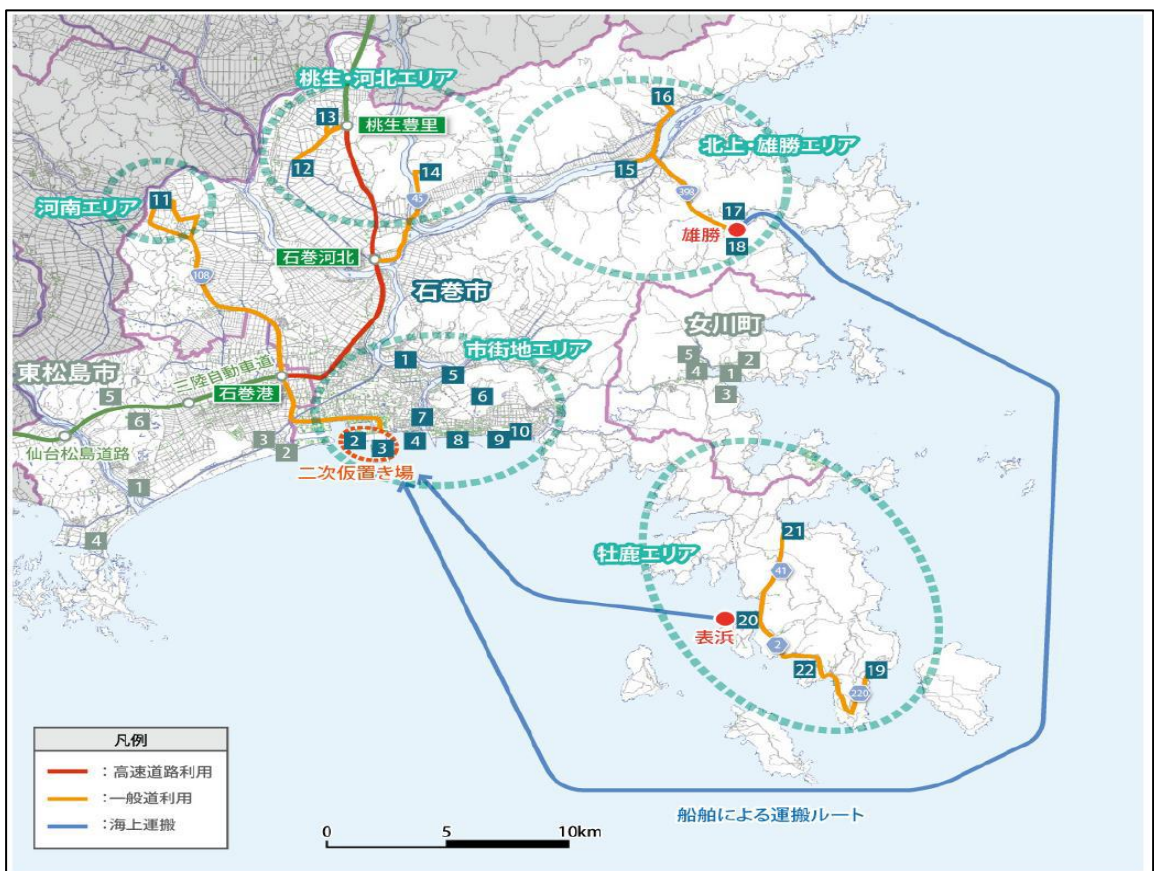


図4-10 石巻市一歩置き場運搬経路概要図

## 第5節 搬出入管理

### 第1項 搬出入管理の概要

一次仮置き場から二次仮置き場への搬入車両には、「車両番号」・「積込場所」・「災害廃棄物種類」の情報を識別した上で、トラックスケールにて重量等を計上し、搬入管理を行った。この3つの情報は、一次仮置き場ごとに配置された係員が専用端末で入力を行い、データセンターに搬出データを送信した。これにより運搬車両ごとに、搬出データと搬入データとの照合が可能となり、電子マニフェストを作成することができた。

また、搬入ヤードには100台の大型ダンプが待機できるスペースを設け、付近の交通渋滞の緩和に努めた。



写真4-16 搬入ヤード



写真4-17 搬入情報の読み取り

### 第2項 搬出入管理上の課題と対応策

#### 出来高管理

石巻ブロックでは、県が2市1町から災害廃棄物等の処理を受託したが、各市町の一次仮置き場等から二次仮置き場への受入量に応じて精算することとしており、搬出入情報が大事な基礎データとなるため、厳密に管理を行う必要があった。

そのため、搬入車両識別・管理システムを導入し、一次仮置き場等から搬出する際に、車両番号、搬出場所、廃棄物種別を情報端末に入力し、二次仮置き場への搬入時には、その車両がどの仮置き場から・何時何分に・何を・何トン搬入したかの情報を一元管理することにより、廃棄物の搬出場所、種類、重量などの情報管理を徹底し、正確な精算を行った。

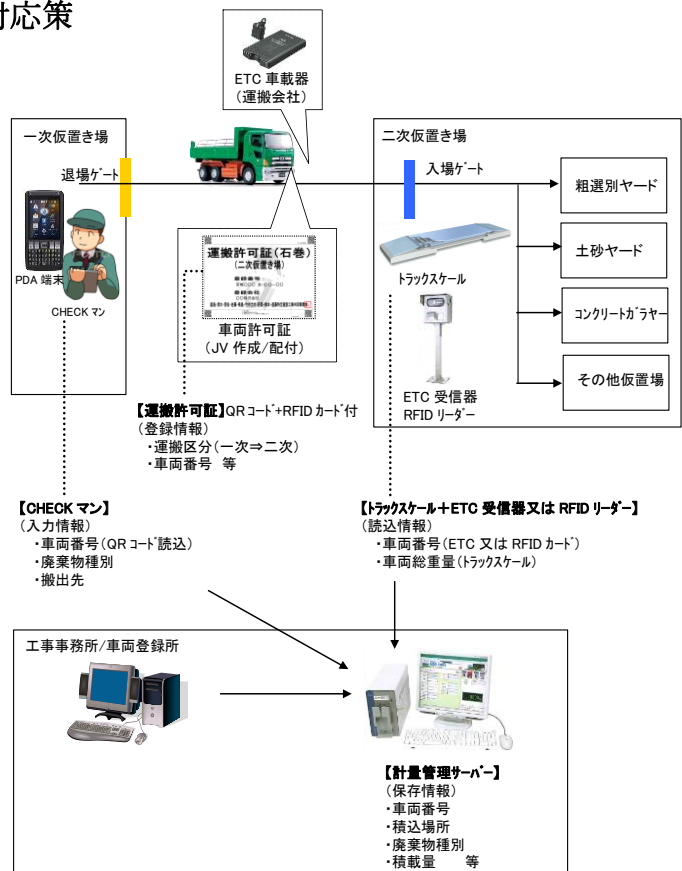


図4-11 搬入車両識別・計量管理システムの概要

### 空間線量率高速計測システム

県では、放射能問題への対応として、広域処理を含め場外で処理する廃棄物については、搬出車両1台ごとの放射線量の測定を実施することとした。

石巻ブロックでは当初の発注仕様になかったため施設の追加で対応することとなったが、検討の結果、通常使用されるNaI型シンチレーション式サーベイメーターでは1台あたりの測定に数分程度を要し、石巻ブロックの搬出台数には対応できないことから、時定数5秒の極めて反応性と感度の高いCsI型を採用し、またトラックスケールと連動して計測・管理できるシステムを新規に開発した。

このシステムでは搬出時に車両の重量を計測している間に空間放射線量の測定を行うことができ、トラック・コンテナ1台毎に放射線量を測定・管理することによって、受入側の信頼確保と安心感の醸成に努めた。



写真4-18 空間線量測定器

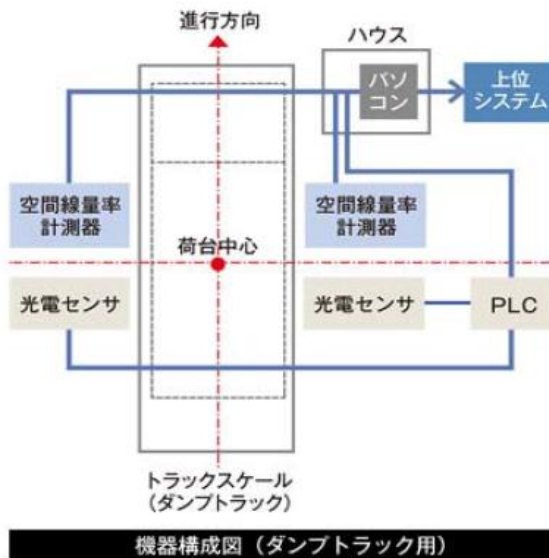


図4-12 空間線量高速計測システムの概要

## 第6節 処理の概要

### 第1項 破碎・選別処理の概要

一次仮置き場から搬入した災害廃棄物等は、二次仮置き場内に設置された各処理施設において中間処理を行った。

処理施設は、ブロック内でのリサイクルを最優先に考え、廃棄物の種類ごとに、混合廃棄物を処理する施設として破碎選別施設・土壌洗浄施設を、主に津波堆積物を処理する施設として土質改質施設・土壌洗浄施設を、可燃物を処理する施設として焼却施設・造粒固化施設を設置した。さらに、木くずを処理する施設として破碎施設・バイオマスボイラーを設置した。

混合廃棄物は、木くずや廃プラスチック、紙、布等の可燃物と、石やコンクリートがら、ガラス陶磁器くず、金属等の不燃物が雑多に混合した状態のものである。また、石綿含有物やPCB等の有害物を含んだ廃棄物、ガスボンベ等危険物も含まれていた。更には、今回の混合廃棄物の特徴として、写真、アルバム、位牌、貴重品等被災者の思い出の品も混入していたため、搬入された混合廃棄物は、まず粗選別により、リサイクル可能な物、危険物、思い出の品を丁寧に取り除いた。

粗選別では事前の組成調査・比重試験結果より土砂及び細塵の割合（重量比）が多いことが確認されたことから、選別効率を向上させるために、移動式土砂分級機による土砂分級を粗選別の前段階で実施した。



写真4-19 選別機



写真4-20 粗選別

粗選別後の廃棄物はベルトコンベアにて破碎選別施設へ運ばれ、可燃物、不燃物、ふるい下等に選別した。

本業務で取り扱った災害廃棄物には、処理が困難な漁網や長尺物が多く含まれていたため粗破碎機には“MJ-6000”というデンマーク製高性能鎌形二軸破碎機を導入した。

漁網は一般的な破碎機では刃に絡み処理能力が確保出来ないと考えられたが、“MJ-6000”は回転刃と固定刃の間で裁断する原理であり、回転刃の形状が災害廃棄物に噛み付き易い特殊形状を採用しているため効率よく裁断できた。また、廃棄物を噛み込んで停止してしまう場合は自動的に回転刃が逆転して廃棄物を排出し、再び正転して破碎を繰り返す機構が組み込まれていることも強みである。

破碎選別施設における処理は、まず振動ふるいで100mm以上、30～100mm、30mm未満に分級し、100mm以上は手選別にて可燃物や不燃物等に選別した。

30～100mmは、100mm以上に比べて粒径が小さく手選別の効率が落ちることから、二次破碎後風力選別機により可燃物と不燃残渣に選別した。

選別後の可燃物は場内の焼却施設において焼却処理（一部広域処理）を実施。不燃残渣は当初全量を管理型処分場に搬出する予定としていたが、精選別施設を追加導入することにより土木資材として再生利用が可能な品質に改善するなど、破碎選別処理については、状況に応じて処理工程を工夫し、最終処分量の低減を図る取組を継続して実施した。

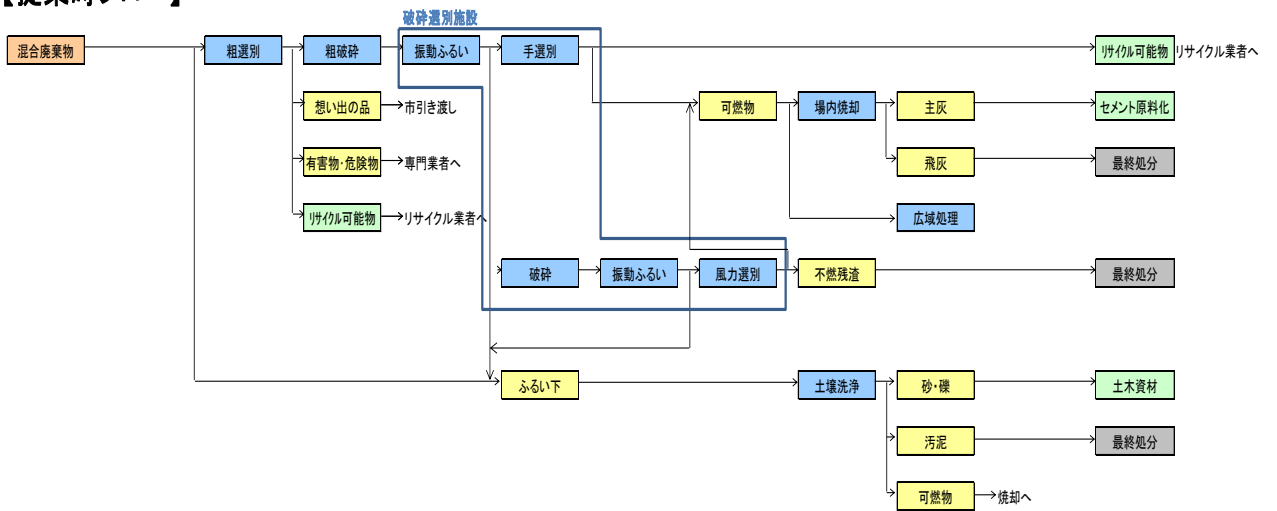


写真4-21 破砕選別施設



写真4-22 手選別ライン

【提案時フロー】



【実施フロー】

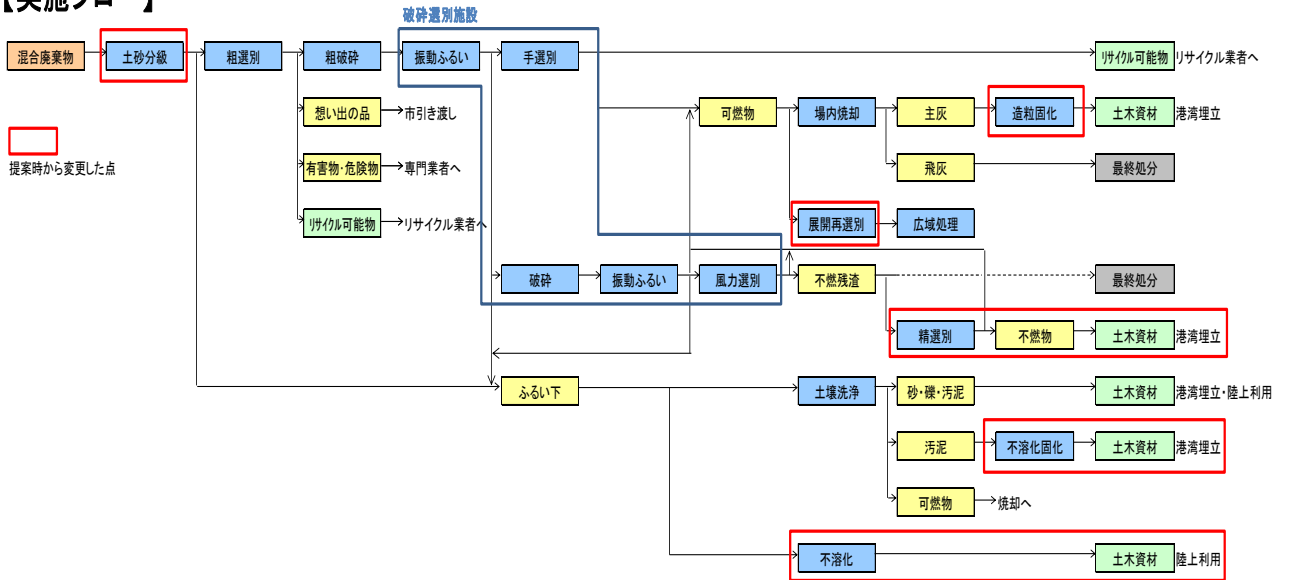


図4-13 破砕・選別処理フロー図

## 第2項 焼却処理の概要

石巻ブロックでは、熱量の変動や様々なごみ質が想定される災害廃棄物を安定的に焼却できるようにタイプの違う2種類の焼却炉を選定した。

設置した焼却炉はロータリーキルン2基、ストーカ炉3基の計5基であり、いずれも300t/日の処理能力で届出をしていたが、ストーカ炉については施設稼働後の可燃物の性状、施設稼働状況から、廃棄物処理法上の軽微変更の範囲内で329.4t/日に変更し、5基合計で最大1,588.2t/日として運転を行った。

ロータリーキルンは、高知県のセメント工場で休止していた焼成用ロータリーキルンを再利用することで設計製造期間を短縮し、焼却の早期着手ができた。



写真4-23 ロータリーキルン



写真4-24 ストーカ炉

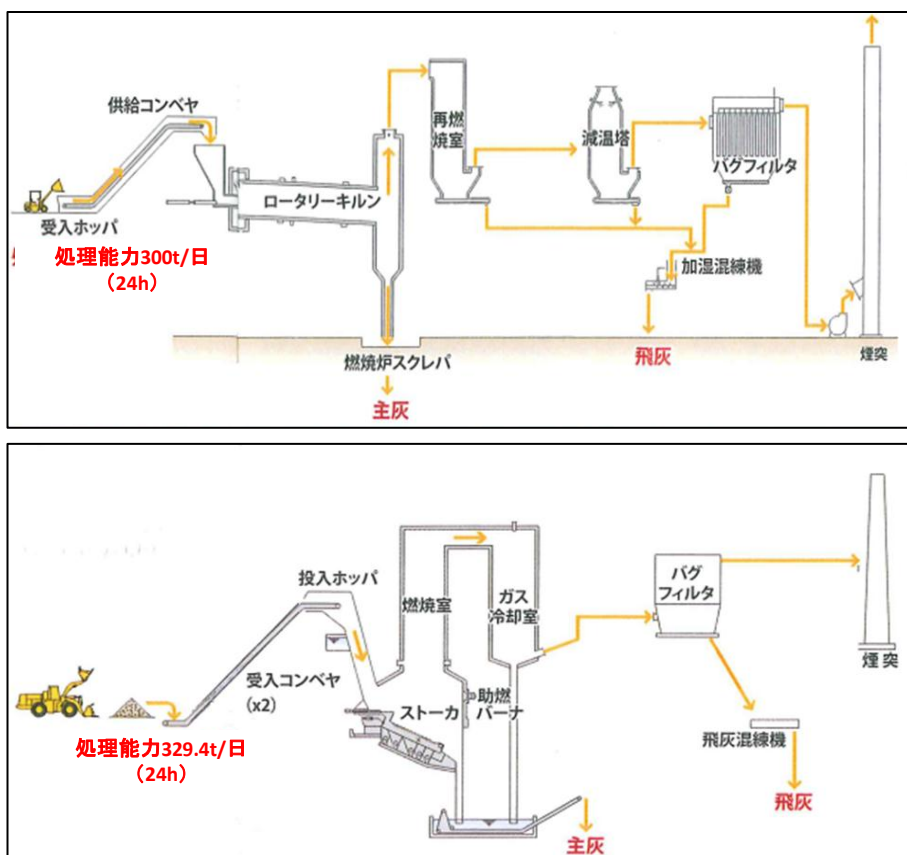


図4-14 焼却施設（上：ロータリーキルン 下：ストーカ炉）



主灰は、当初計画では県外にセメント原料として搬出する計画であったが、放射能問題が注目され、広域処理が困難になった。このことから様々な検討を行った結果、主灰にセメントと不溶化剤を添加して造粒固化を行い、土木資材としてリサイクルを行うことにした。（第4項で詳述）

飛灰については、重金属類を比較的多く含有するおそれがあり、県内に適当なリサイクル施設もないことから、管理型処分場で最終処分することとした。

技術提案の要求事項である「リサイクルの促進」や「環境保全」を考慮し焼却炉の熱を利用した蒸気発電の提案もあったが、施設の増設や改造に伴う時間的制限があるため、焼却処理の早期着手の観点から断念し、代替としてバイオマスボイラーを導入した。

主灰を造粒固化でリサイクルすることから、バイオマスボイラーでは作った温水の熱を主灰の乾燥に利用した。

災害廃棄物や建物解体から発生する比較的性状の良い木くずをチップ化し、ここでもバイオマスボイラーの燃料としてリサイクルを行った。



写真4-25 造粒固化設備



写真4-26 バイオマスボイラー

### 第3項 津波堆積物処理の概要

津波堆積物は特定有害物質（重金属）や油分による汚染があるものや、塩分や有機物などが含有しているものも存在した。

そのため、津波堆積物の処理については、処理前・処理後で概ね900m<sup>3</sup>毎にその品質確認を行い、「環境への影響がないこと」を確認したうえで再生利用を図ることとした。

汚染の無いものは土質改質施設で廃棄物と20mm以下の土砂に改質選別を行い、汚染のあるものは土壌洗浄施設で洗浄した。また、処理を進めていくなかで、想定以上に「汚染あり」とするものが多く、土壌洗浄施設の処理能力を大きく超えてしまうことが判明したことから、土質改質施設でも改質不溶化処理を行えるよう改良した。

津波堆積物には高含水比・高粘性の土砂もあり、土質改質施設の改質混合機ではダマ（泥塊状）になり、混合攪拌がうまくできないことから、回転式破碎混合（ツイスター）施設を追加で導入した。

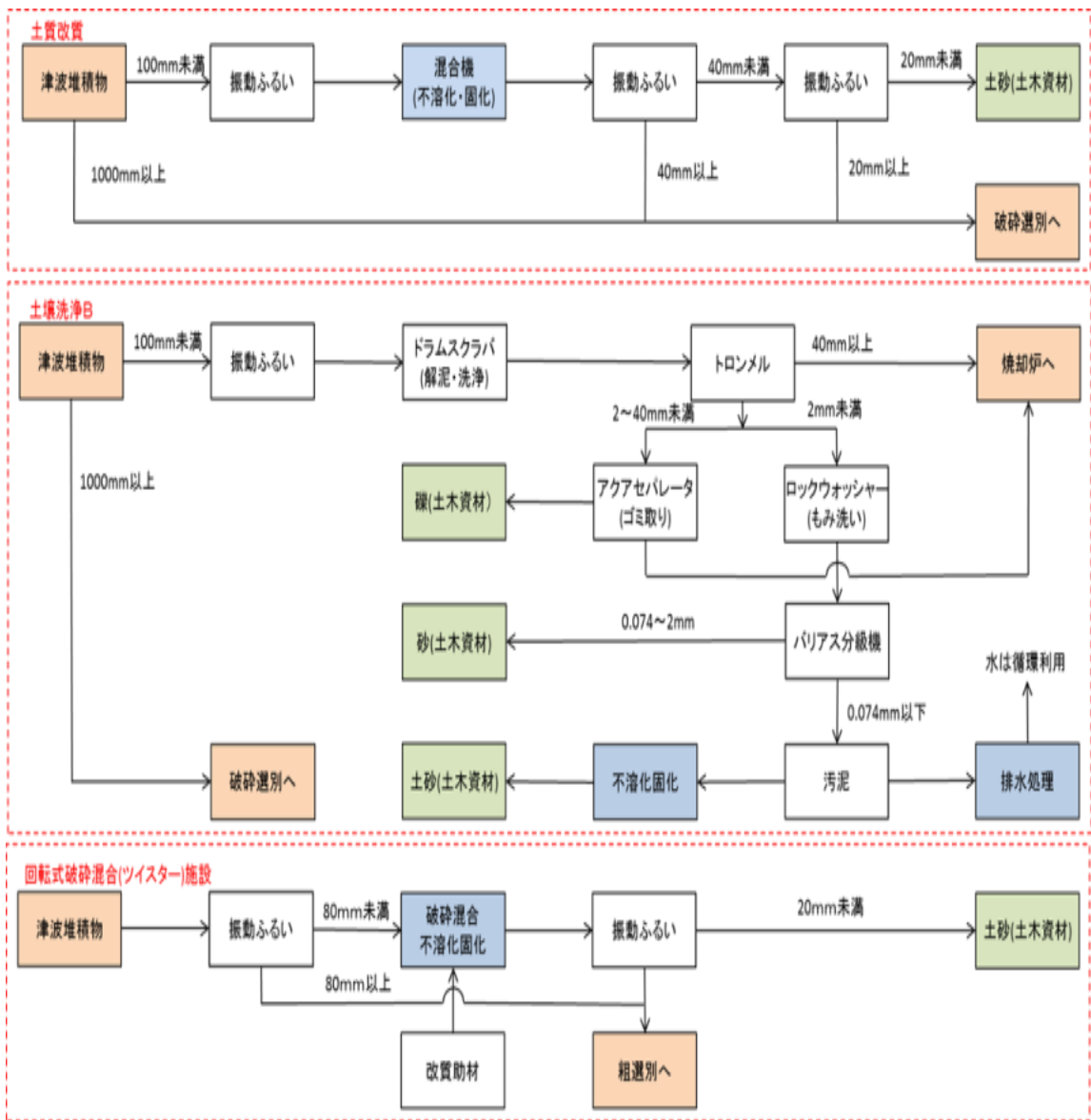


図4-15 津波堆積物処理フロー



写真4-27 土質改善施設  
(汚染なし改質・汚染あり改質不溶化)



写真4-28 回転式破碎混合  
(ツイスター)施設



写真4-29 土壌洗浄B施設  
(汚染あり洗浄)

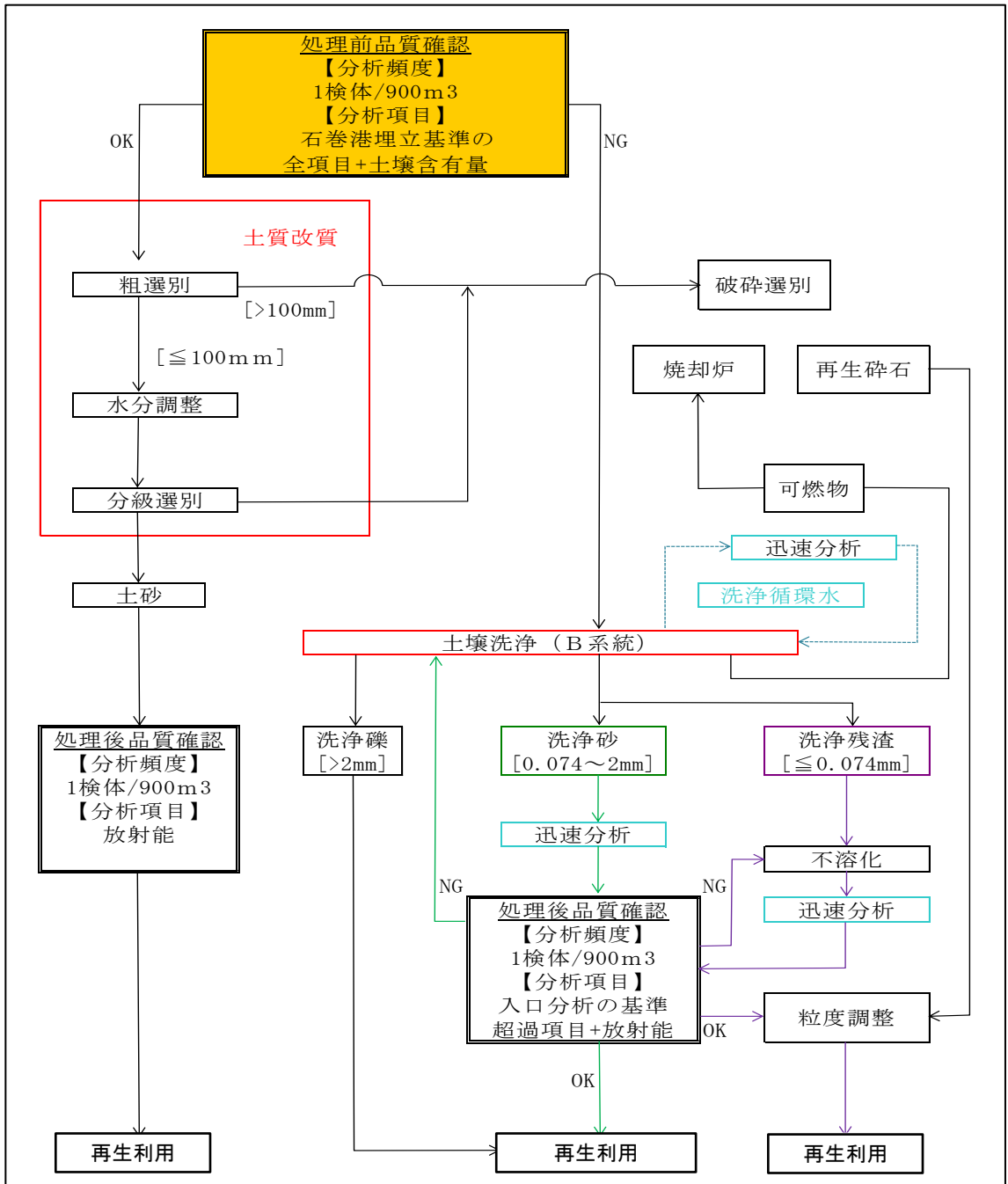


図4-16 津波堆積物品質管理フロー

津波堆積物の洗浄処理によって生じる汚泥については、重金属類の含有量が高くなる傾向があるため、計画当初、最終処分を予定していたが最終処分場の負荷軽減とリサイクル率を上げるために、有害物の封じ込めと改質を行うことの技術的検討を行い、汚泥不溶化・固化施設（リテラ）を導入した上で、土木資材として再生利用を可能とした。



写真4-30 汚泥不溶化・固化施設（リテラ）

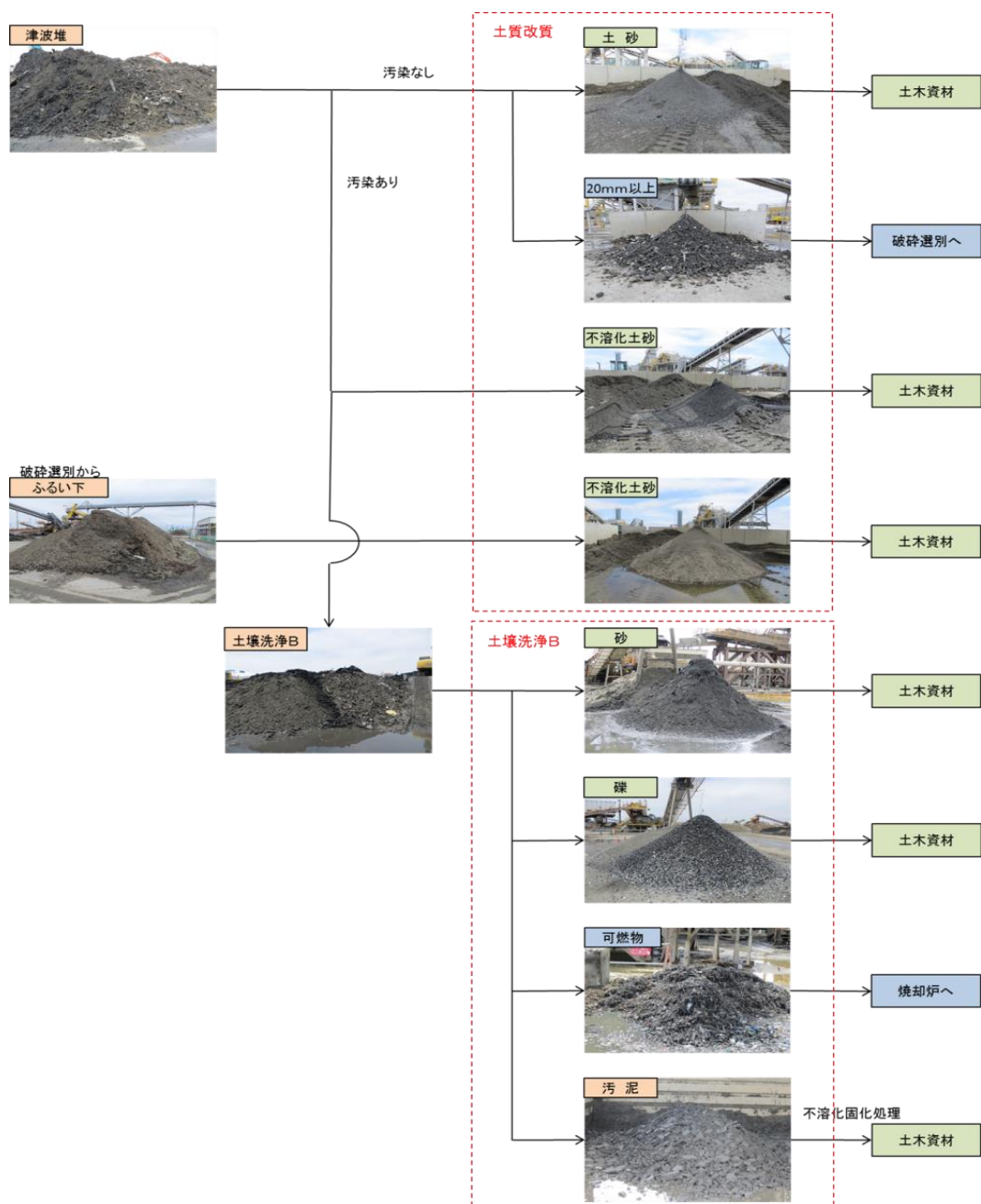


図4-17 再生した土木資材

表4-4 津波堆積物処理実績

津波堆積物処理施設（土質改質・土壌洗浄B）処理実績		処理量	備考
土質改質設備		33.2	
	選別後の廃棄物	7.2	破碎選別へ
	改質後の土砂	17.0	土木資材
	不溶化後の土砂	9.0	土木資材
土壌洗浄B		23.6	
	選別後の廃棄物	2.5	破碎選別へ
	洗浄後の砂	8.1	土木資材
	洗浄後の礫	3.5	土木資材
	洗浄後の汚泥（リテラ改質・不溶化）	9.5	土木資材

単位：万 t

## 第4項 リサイクル処理の概要

石巻ブロックは工業地帯が被災したこともあり、災害廃棄物の再資源化には当初から相当な困難が予想されていたが、リサイクル率としては80%と意欲的な目標を掲げた。

まず、平時と同様に木くずはバイオマス燃料やボード原料としてリサイクルしたほか、金属くず、コンクリートがら等の不燃物については、それぞれ有価売却または土木資材化などを行った。

その他、従来はオンサイトでのリサイクルが難しかった焼却主灰、土壌洗浄残渣等についても、新たに土木資材としての再生技術を開発するなどし、積極的にリサイクルを図った。

以下に石巻ブロックに特徴的な例を挙げる。

(施設の写真や処理フロー等は第1～第3項参照)

### ○焼却灰造粒固化

前述のとおり、焼却主灰は当初県外においてセメント原料とする計画であったが、放射能問題や塩分に対する懸念から受け入れの見通しが立たなくなり、場内でリサイクルする計画に変更した。

石巻ブロックでは他のブロックに先行して造粒固化処理による土木資材化の検討に着手し、様々な機材・薬剤の比較検討を経て、焼却主灰と高炉セメント、さらに不溶化剤の混合により土砂化する技術を確立した。

当初から石巻港の埋め立て資材としての活用を目標に置いていたことから、技術開発に当たっては、通常有害物質の溶出の試験のみならず、海水を溶媒とした場合の溶出試験や長期安定性試験も実施し、安全性の確認には万全を期した。

また、災害廃棄物の焼却主灰は、木に刺さっていた釘などの異物混入や団塊状の灰が排出されることも多いことから、篩い機・破碎機・磁選機・手選別からなる前処理ラインを置いたことで、高品質な土木資材の製造が可能になった。(写真4-21)

### ○回転式破碎混合機（ツイスター）による処理

前項でも触れたが、高含水津波堆積物は通常の振動ふるい・回転式ふるいでは団粒状となってしまう、ごみを篩い取ることができない。

そこで、廃棄物の破碎と混合を同時に行うことができる回転式破碎混合機を導入し、高含水津波堆積物と水分調整用の改質助材を混ぜ合わせることで津波堆積物を改質し、その後の篩い工程を効率化するという方法を採用した。

この改質助材には、処理困難物となっていた大量の無機肥料を使用することで、津波堆積物の改質処理と肥料のリサイクル処理という一石二鳥の効果を得ることができた。

### ○土壌洗浄設備による処理

津波堆積物のうち有害物質による汚染が判明したものや、混合廃棄物から篩い取った「篩い下土砂」については、土壌洗浄設備により、廃棄物と土砂との分級、砂のみ洗い処理による有害物の除去処理を行った。

土壌洗浄処理により「可燃物」・「洗浄礫」・「洗浄砂」・「汚泥」が発生するが、可燃物を焼却する他は、いずれも土木資材としてリサイクルされた。また、可燃物も場内での焼却後は主灰は造粒固化処理により土木資材としてリサイクルされたことから、結果として最終処分にまわされたのは可燃物由来の飛灰のみということになる。特に洗浄砂については、地盤改良用資材として活用された。

表4-5 主な再生材の活用先リスト

単位:万トン

活用工事名	事業主体	再生資材	利用量
石巻ブロック二次仮置き場造成事業	県	再生土砂、 コンクリートがら	45
新蛇田地区被災市街地復興土地区画整理事業	石巻市	コンクリートがら	7
北上川下流河川工事事業	国土交通省	再生土砂	15
石巻港区港湾埋立事業 ※	県	再生土砂、 造粒固化物等	117
計			184

※市町独自処理分の再生材4万トンを含む

## 第5項 最終処分概要

災害廃棄物処理の「破碎・選別処理」により「不燃物」と「細粒分」が発生し、「焼却処理」により「焼却主灰」「焼却飛灰」が発生した。

発生物は“第4項 リサイクル処理”による工程を経るが、同処理に対応しないものは処分場に埋立処理した。

表4-6 最終処分先リスト

単位:万トン

搬出先	品目	埋立量
石巻市 河南地区一般廃棄物最終処分場	焼却主灰・飛灰	1.57
石巻市 河北地区一般廃棄物最終処分場	焼却主灰・飛灰	1.11
大崎地域広域行政事務組合 大崎広域西部環境美化センター	焼却主灰・飛灰	0.32
公社処理場	焼却主灰・飛灰	2.60
	廃石綿・石綿含有等	0.53
	不燃残渣	0.28
山形県民間処分場	漁網	1.39
	不燃残渣	0.12
	石膏ボード	1.25
茨城県民間処分場	不燃残渣	2.97
合 計		12.14

## 第6項 処理業務の課題と対応策

### 不燃残渣の精選別による最終処分量の低減

混合廃棄物の処理に当たっては、当初、30～100mmの廃棄物は風力選別により可燃物と不燃残渣に選別し、不燃残渣については可燃物が混入するため、管理型処分場に搬出していた。

可燃物の広域処理にあたってはその品質に万全を期す必要があることと、最終処分場の容量の絶対量が不足していたことから、選別精度の向上により可燃物の品質向上と不燃残渣発生量の減量化を狙い、風力選別機を改造するなどしたが、その結果は十分とは言いがたいものであった。

そこでまず風力選別機の調整により可燃物の品質を抜本的に向上させたほか、反面増加してしまう不燃残渣への対策については、新たに回転熊手式不燃残渣精選別機を導入し、不燃残渣を高精度に再選別することで、そのほとんどをリサイクルすることを目指した。

本システム的能力は150t/日と限定的であるが、不燃残渣の分量・性状・サイズに合わせた調整を施すことで、ほぼ完全な分別処理を実現し、下図に示すとおり不燃残渣総量の51,035tに対し最終処分量を808t（約1.6%）にまで減量化を図る事が出来た。

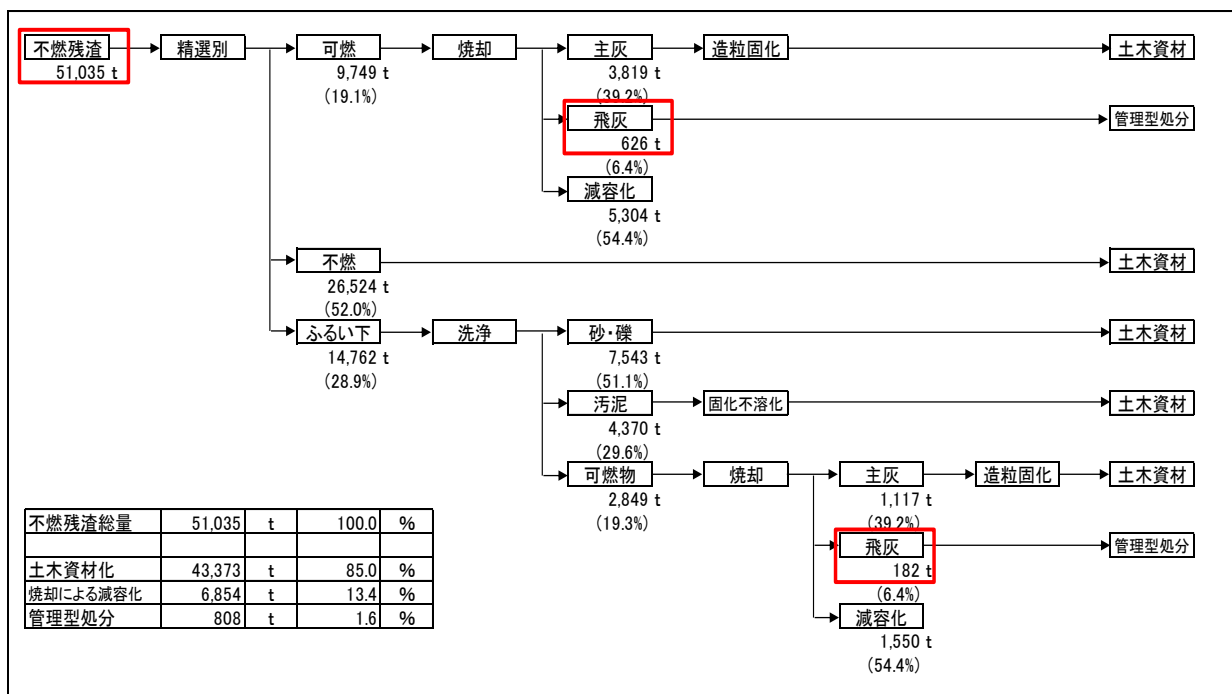


図4-18 不燃残渣の精選別フロー



写真4-31



写真4-32

不燃残渣精選別機

## ゴミ質の安定化

早期の処理開始が重要であったため、焼却炉の建設は、休日返上の突貫工事で進められ、プラント自体は早期に立ち上ることができた。

しかし、処理開始を急いだことで、必ずしも十分な試運転期間を設けることができず、本稼働後も様々なトラブルと向き合いながらの処理が続いた。

混合廃棄物から選別される可燃物の性状は一様でなく、ゴミ質の変化が著しい。少しでもゴミ質の安定化を図るために可燃物テントを設置し、雨や雪によるゴミ質の悪化に対応した。



写真4-33 可燃物保管テント

## 多種多様な性状の災害廃棄物の焼却

混合廃棄物から分別される可燃物の性状が一様でないことは上述のとおりであるが、水産業や物流の拠点である石巻地域の特徴から、災害廃棄物の品目も多岐にわたり、その減容化には焼却が不可欠であった。例えば、鉛の編込まれた漁網、水産加工場の大型冷凍庫に使用されていた水分を多く含んだ発泡スチロール、農畜産物加工場から流出した肥料や飼料、油混じりの土砂、FRP船等々、様々なものについて焼却を検討しなければならなかった。これらの品目については、運搬方法、破碎選別方法、ヤードの確保、焼却灰のリサイクルへの影響など多方面にわたり、廃棄物処理の一連の工程での入念な検討が大切になる。

また、可燃物の投入はホイールローダーで行ったが、多品目にわたる可燃物の攪拌混合と投入量管理が効率よく行えないケースもあった。可燃物の均質化のためには、ゴミピット&クレーン方式の採用も一考かと思われる。



写真4-34 可燃物投入(ホイールローダ)



写真4-35 廃飼料投入施設



### 再生利用先としての港湾埋立

災害廃棄物の多くは前出のフロー（図4-13，図4-15）のとおり，多くが土木資材として再生され，公共工事の資材として活用されることになる。しかし，災害廃棄物から生まれるリサイクル材は日々大量に製造されるのに対し，使用する側の公共工事で使用する品目及び量は工程の進み具合次第ということになる。結果として，品質がよくともすぐに使用できるケースは少なく，大量のストックヤードが必要となっていた。

石巻ブロックでは，国土交通省，環境省及び県の土木部・環境生活部が，計画されているながら未着工の港湾埋め立てエリアの活用について協議を重ね，これが災害廃棄物処理の加速に大きな効果をもたらすという認識のもとで事業が進められた。

具体的には県の土木部が補助事業で仮護岸を施工し，締め切ったエリアに災害廃棄物由来のリサイクル資材を投入するというものであった。

石巻ブロックでは造粒固化物，汚泥改質土砂，土壤洗浄ラインから排出される洗浄礫などの全量と，津波堆積物を改質した土砂やコンクリートがらから得られる再生砕石などの一部を，石巻港への埋立資材として活用した。

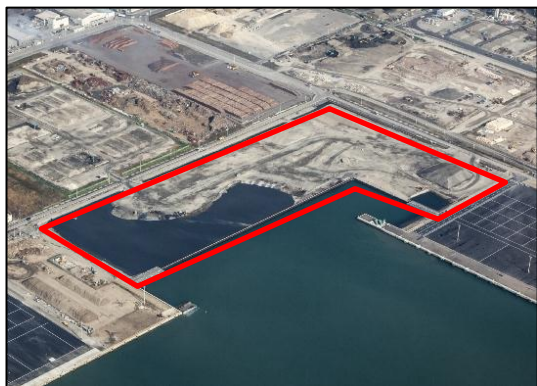


写真4-36 港湾埋立全景（平成25年11月撮影）  
赤枠が施工範囲



写真4-37 港湾埋立状況

## 第7節 地域経済への配慮事項

### 第1項 地元業者の活用

#### 1 地元業者の活用

ブロック内の地元企業から重機・運搬車両船舶・労務・資材等を調達し、石巻ブロック内での調達が困難な場合は、県内からの調達を行った。

プラント基礎工事及び付帯施設設備工事においては地元建設業者による施工、建設資材の調達取引についても地元企業から行った。

#### 2 地元企業と連携した道路等維持管理

膨大な量の災害廃棄物等の運搬に伴う一般道路の損傷が懸念されることから、地域に精通している地元企業との連携による道路維持管理を行った。

また、海上輸送による災害廃棄物が海に飛散する懸念があることから、地元の漁協と連携して積み込み時の監視を行った。

#### 3 地元企業と連携した技術開発及び支援協力

焼却主灰のリサイクル（土木資材化）のため、地元企業（日本製紙株式会社）と造粒固化技術の開発を行った。

焼却施設の冷却水及び土壌洗浄用水等の処理用水については、地元企業（日本製紙株式会社）の工業用水の排水の提供を受け、汚濁処理しながら循環再利用した。

また、リサイクル資材の仮置き場として、地元企業（日本製紙木材株式会社・石巻合板工業株式会社・東北東ソー化学株式会社等）から用地借用の協力を得た。



写真4-38 日本製紙(株)所有排水管橋



写真4-39 排水受水 濁水循環施設

### 第2項 地元雇用の推進

#### 1 地元作業員の雇用と現場環境の整備

不幸にも今般の災害により失業された地域住民をはじめ、地元建設業者を活用しての作業員の雇用確保に努めた結果、地元出身の作業員は全体の約7割にのぼった。

通勤手段として仮設住宅や作業員の自宅周辺を経由する「通勤巡回バス」の運行を行い、通勤手段の困難な方の支援及び通勤車両の軽減を図った。また、作業持ち場までの「構内巡回バス」の運行も行った。

本業務に馴染みのない地元作業員が安心して働けるよう、「粗選別」「手選別」の作業手順等について図解入り作業マニュアルを作製し、配布教育した。

雇用後も業務の継続的教育訓練を行い、実務経験を蓄積させることで、焼却施設運転業務など、地元作業員の従事する業務範囲もより広範囲なものとなるよう努めた。

表4-7 就業者数の推移

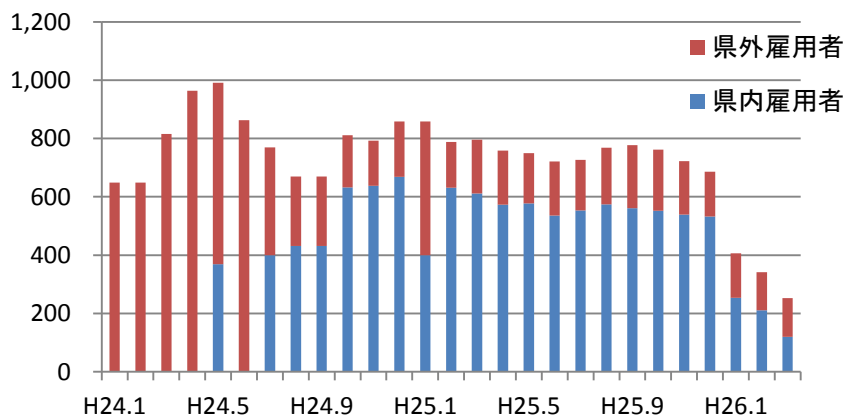


写真4-40 構内通勤巡回バス運行

## 2 生涯教育の場の提供

業務に携る関係作業員に対し、アスベストによる健康障害の予防などの特別教育や、玉掛作業などの建設技能講習、車両系建設機械などの操作運転講習を実施し、希望する作業員の免許・資格の取得を継続的に支援した。

また、業務終了後における再就職支援の一環として、パソコン教室等も行った。

## 3 生業への帰還支援

当初は震災前の生業帰還希望者を対象とする「生業復帰支援プログラム」の策定を予定していたが、作業員へのアンケート調査等により、再就職先への希望としては、必ずしも震災前の生業に限らず、建設業を中心に幅広い分野への関心があることがわかった。

そこでJVが地元公共職業安定所・石巻商工会議所等と連携して「再就職支援プログラム」を策定し、上記の各種講習等により再就職に有利な資格取得等を支援したほか、雇用保険制度説明会や各種の相談会を定期的に関開くことで、業務終了後の再就職を後押しした。

また、国・県の主催で地元企業とのマッチングの場として就職面接会及び職業訓練説明会を現場事務所の会議室で開催し、参加者からは好評を得た。

これらの取り組みは関係官署・地元自治体・受注者による継続的な意見交換と連携のもとで実施され、業務期間を通じた体系的な取り組みとして推進された。



写真4-41 建設技能講習会



写真4-42 就職面接会

### 第3項 その他（地域経済の振興につながる取組など）

#### 1 地元商工業者との取引推進

業務運営に必要な日用品・事務用品・各種サービス品目など、調達可能な品目（専門性・特殊性品目を除く）を地元から調達し、また業務職員及び協力会社作業員の昼食は、地元給食センター及び仕出し業者から調達した。

地元小売業者を誘致しての生活必需品を販売、また小売店内には銀行の協力でATMを設置した。



写真4-43 生活必需品売店(ヤマザキショップ)



写真4-44 七十七銀行雲雀野出張所(売店内)

#### 2 マーケットやイベントの開催

地元小売業者と連携したイベントとして、「ひばりのご縁市」を施設構内駐車場で定期的に開催し好評を得た。

また、地元小中高生の復興への思いをこめた「アートdeメッセージ」コーナー(施設北側公道側仮囲壁面)への絵画掲示を行い、地元住民や関係者との鑑賞会及び表彰式等を行った。



写真4-45 「ひばりのご縁市」開催



写真4-46 「アートdeメッセージ」展  
(仮囲壁掲示)

### トピックス3

## 石巻市の管理する公共建築物の解体工事

東日本大震災により被災した石巻市の大型公共建築物の解体は、県が石巻市から委託を受けて工事発注し、平成24年2月に工事着手、平成25年12月の石巻文化センター解体工事終了をもって31施設18工事全ての解体が完了した。解体施設一覧及び位置図は、表4-8、図4-19のとおりである。

解体工事を進める上での課題としては、工事着手後の調査において、工事発注前の事前調査で確認されていなかったアスベストやPCB等の特別管理産業廃棄物が発見され、その除去方法の検討や関係機関との調整に多くの時間を要したことであった。

アスベストについては、一例であるが石巻文化センターにおいて、着手後の調査で外壁の塗料にアスベストが含まれていることが判明した。アスベストは分別処分することが原則であるため、鉄筋コンクリートの壁から外壁塗装を手作業で取り除く必要があり、全面に足場を設置しその中での作業となったことから多くの時間と予算を要することとなった。

また、石巻市公共下水道雄勝浄化センターにおいては、浄化槽内に汚泥が堆積しており、当初津波による堆積土砂と判断していた。

しかし、工事着手後の分析調査の結果、堆積物にし尿が含まれることが判明したため、県内の最終処分場への搬出を余儀なくされ多くの予算を費やすこととなった。

このように、解体工事着手後の調査により新たに発見された特別管理産業廃棄物等の処分に多くの時間と予算を要することとなった。解体工事発注時は、大震災直後の混乱期で十分な調査ができなかったと推測されるが、実施する上で工事発注前の詳細な調査は非常に重要であり、復旧・復興の第一歩である災害廃棄物の処理、被災建築物の解体を早期に終わらせるためのポイントとなることから、解体工事を実施する際の課題として記憶に留めておきたい。

主な解体工事の状況写真を以下に示す。



写真4-47 石巻市立病院 解体工事 左から解体前、解体中、解体後



写真4-48 牡鹿ホエールランド 解体工事 左から解体前、解体中、解体後



写真4-49 石巻市立雄勝病院 解体工事 左から解体前，解体中，解体後



写真4-50 石巻文化センター 解体工事 左から解体前，解体中，解体後



写真4-51 石巻市立谷川小学校 解体工事 左から解体前，解体中，解体後

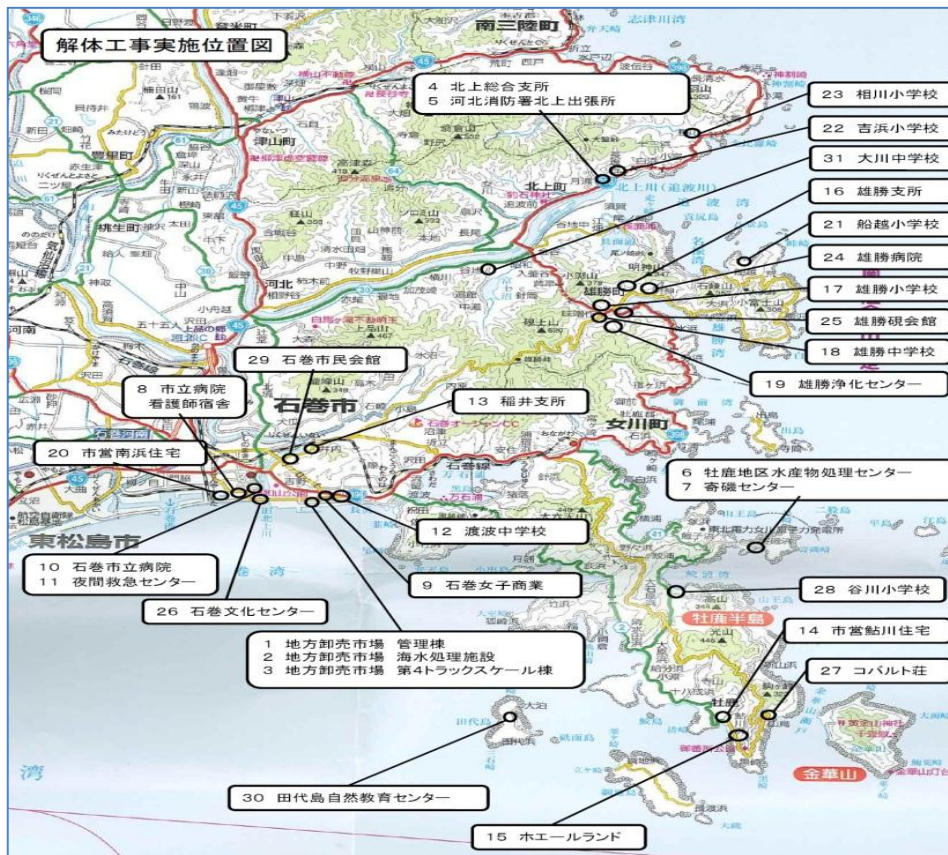


図4-19 石巻市解体工事 位置図

表4-8 石巻市解体工事一覧

施設番号	施設名	工期	
1	石巻市水産部地方卸売市場管理棟	平成24年2月21日	平成24年7月31日
2	石巻市水産部地方卸売市場海水処理施設		
3	石巻市水産部地方卸売市場第4トラックスケール棟		
4	石巻市北上総合支所(北上公民館)	平成24年2月21日	平成24年8月10日
5	河北消防署北上出張所		
6	牡鹿地区水産物処理センター	平成24年2月21日	平成24年7月31日
7	寄磯センター		
8	石巻市立病院看護師宿舎	平成24年12月5日	平成25年5月10日
9	石巻市立女子商業高校	平成24年12月5日	平成25年5月30日
10	石巻市立病院	平成25年1月16日	平成25年9月30日
11	夜間急患センター		
12	石巻市立渡波中学校	平成24年12月26日	平成25年5月30日
13	稲井支所		
14	石巻市営鮎川浜住宅	平成24年12月28日	平成25年9月30日
15	おしかホエールランド		
16	雄勝総合支所	平成24年12月28日	平成25年10月15日
17	石巻市立雄勝小学校		
18	石巻市立雄勝中学校		
19	雄勝浄化センター	平成25年1月16日	平成25年11月30日
20	石巻市市営南浜町住宅	平成25年1月18日	平成25年9月17日
21	石巻市立船越小学校	平成25年1月25日	平成25年10月30日
22	石巻市立吉浜小学校		
23	石巻市立相川小学校		
24	石巻市立雄勝病院	平成25年1月31日	平成25年9月30日
25	雄勝現伝統産業会館		
26	石巻文化センター	平成25年2月13日	平成26年1月31日
27	国民宿舎コバルト荘	平成25年2月14日	平成25年8月31日
28	石巻市立谷川小学校		
29	石巻市民会館	平成25年3月12日	平成25年9月20日
30	田代島自然教育センター	平成25年3月8日	平成25年10月31日
31	石巻市立大川中学校	平成25年3月27日	平成25年10月21日