

第6節 収集・運搬

1 陸上運搬

(1) 収集・運搬作業

仮置場内における収集作業は、災害廃棄物の種類や現場条件に応じて、主にブルドーザやバックホウなどの建設機械を駆使して実施した。

トラックによる運搬は、一次仮置場から二次仮置場への運搬手段として、また、二次仮置場から県内の各処理・処分先や近隣県への広域処理（青森県、秋田県、山形県）、さらには遠方の広域処理における鉄道輸送の基地駅までの比較的近距離の運搬手段として活用した。

なお、運搬に際しては、一次仮置場及び二次仮置場で選別した災害廃棄物ごとに事前に関係部署と調整の上、運搬計画を作成し、積込容量、交通規則、法定速度等を遵守して安全な作業に努めた。また、経路については生活環境へ与える負荷を低減しつつ、安全なルートを選定した。



写真 3.6.1 トラック輸送の状況（左：ダンプトラック、右：コンテナ輸送用トラック）

(2) 運搬車両の運行管理

一次仮置場が分散していること、また大量の運搬車両の走行や運搬経路が限定されること等の制約から、効率的な車両運行管理と、地域住民等に配慮した安全管理が求められた。

そこで、各地区とも復旧・復興工事関係車両の増加や道路被害による渋滞に対応するため、GPS等を活用して、それぞれの現場に則した運行管理システムを構築し、効率的で安全な運行を図った。

また、廃棄物の計量管理についても、一次仮置場と二次仮置場のトラックスケールの計量情報を一元的に管理できる搬出・搬入管理システムにより、効率的な管理を実施した。例として大槌地区の運行管理システムの概念図を図3.6.1に示す。このシステムは、4つのモニターとコンピュータで構成し、現場事務所において日付、運転者、車番、積荷、積載重量、積載場所、荷降先及び現在の車両位置等を一括して管理できるシステムとなっている。



図 3.6.1 運行管理システムの概念図（大槌地区の例）

2 鉄道による運搬

広域処理約 37 万 t のうち、約 12 万 t と約 3 割が鉄道貨物により輸送された。

東京都によって災害廃棄物の鉄道貨物による運送方法が確立されたが、鉄道による運搬を実施した理由として、大量輸送により高い輸送効率が見込まれること、海上運搬はコストが安価だが搬出側の港湾施設の復旧や陸揚げ時の飛散防止対策に時間を要すること、トラック運搬は運搬効率が悪いという他に他の復旧業務との関係などから運転手や車両の確保が困難であったことなどが挙げられる。なお、鉄道貨物輸送は運搬・到着時間も安定して管理しやすいこと、鉄道貨物に用いるコンテナは密閉性が高く災害廃棄物の飛散や臭気等を防止できることも大きな利点である。これらを踏まえ、東京都以降に広域処理を行う際には、近隣県を除いては基本的に鉄道貨物輸送が前提となった。しかも、鉄道貨物ターミナル駅は全国にあり、当該鉄道貨物は日本貨物鉄道(株)（以下「JR貨物」という）1社が運営していることから、一元的に全国の貨物ターミナル駅まで輸送できた。

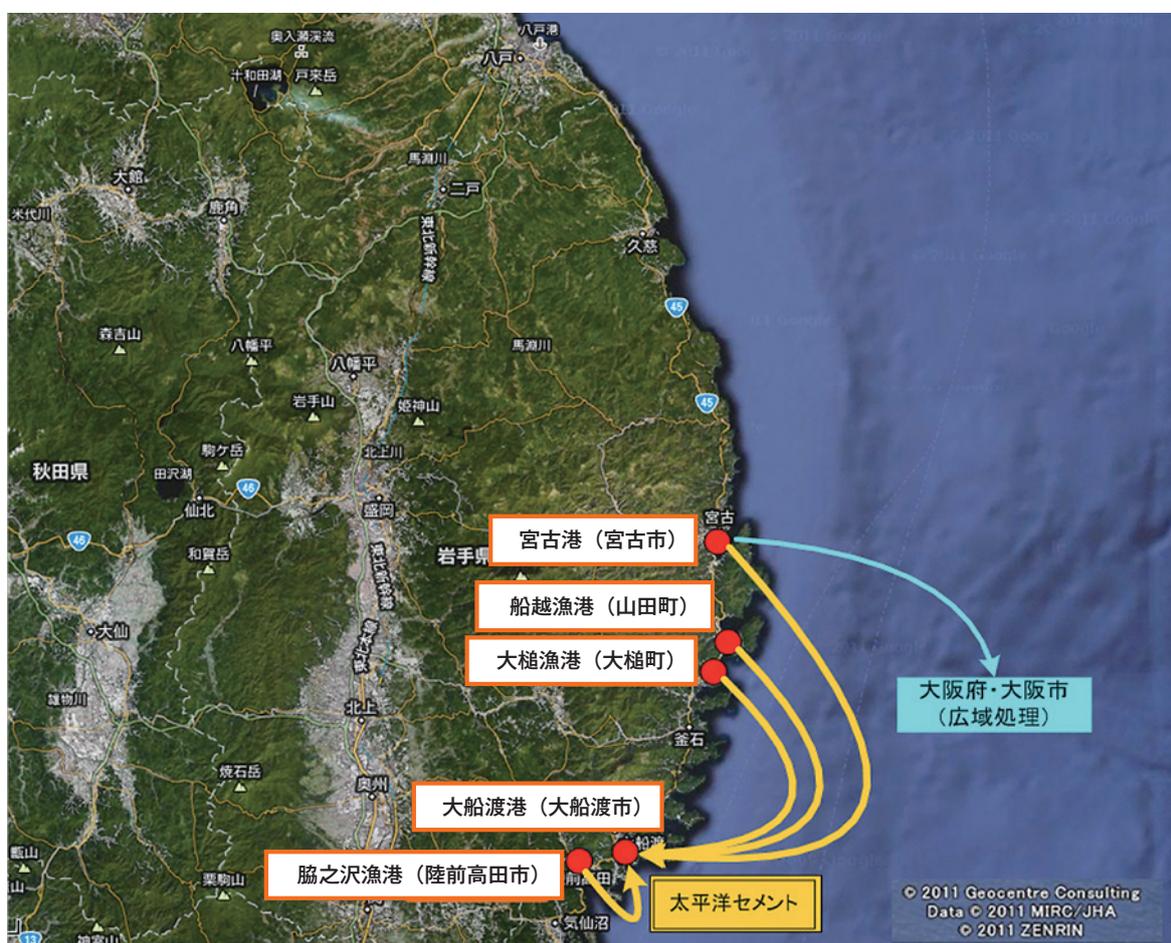
実際の作業は、①現地で災害廃棄物をコンテナに積み込み、②盛岡貨物ターミナル駅等までトラックで輸送、③受入施設近郊の貨物ターミナル駅までは鉄道で輸送、④到着した貨物ターミナル駅から実際に処理する施設まではトラックで輸送、となる。この際、搬出元及び搬出先の貨物ターミナル駅の構内に入れる運搬業者は限定されていることから、JR貨物がトラック輸送部分も含めて一元的に管理をした。

なお、東京都における広域処理では東京都からJR貨物に再委託したが、それ以外の自治体については、広域処理の搬出は破碎・選別の状況と連動するため、原則として破碎・選別等の業務を実施した共同企業体を介した再委託で行った。



写真 3.6.2 鉄道貨物での運搬

3 海上運搬



画像出典：google earth

図 3.6.2 海上運搬の概要

(1) 太平洋セメント大船渡工場への運搬

本県沿岸の被災地は、リアス海岸であり、海岸線まで急な斜面が迫り、陸路は限られた状況であった。仮に膨大な量の災害廃棄物を陸路で運搬した場合、沿岸部の幹線道路であ

る国道 45 号などの道路渋滞を引き起こすとともに、復興事業の妨げとなることが見込まれ、地域住民の生活への影響を最小限にする配慮が必要であった。

一方、海上運搬は、一度に大量の災害廃棄物を運搬することが可能であることから、沿岸被災地間では移動距離が短い場合でも海上運搬を用いた方が効率的であった。また、運搬に伴う道路渋滞等がほとんど生じないという利点があった。

以上のことから、宮古地区（宮古市、岩泉町、田野畑村）、山田地区、大槌地区、大船渡市、陸前高田市の各二次仮置場から太平洋セメント大船渡工場（工場内で荷揚げ可能な施設あり）への運搬は、海上運搬が適切であると判断した（図 3.6.2）。

宮古地区、山田地区、大槌地区における使用船舶の選定は、土運船（1,000 m^3 積級）やクレーン付きガット船（499 G T 型）では、1 回当たりの運搬量が少ないため効率が悪くなることから、太平洋セメント大船渡工場の利用岸壁の制約や荒天時の運行休止のリスクを踏まえ、土運船（3,000 m^3 積級）が適していると判断した。なお、各使用港の水深や運搬船舶の喫水（満載時）等を考慮するとともに、被災した港の災害復旧工事との調整を図りながら、安全な運搬に努めた。

大船渡市及び陸前高田市も独自に業者を選定し、同様に船舶により運搬した。



写真 3.6.3 宮古地区、山田地区、大槌地区の海上運搬で使用した 2 船団（3,000 m^3 積級の土運船と押船）

（2）大阪府（市）への運搬

早くから災害廃棄物の広域処理を検討した大阪府では、当初より「被災地は大阪から遠隔地にあることから、輸送の効率化を図るため原則として海上輸送する」としており、「大阪府域における東日本大震災の災害廃棄物処理に関する指針」（平成 23 年 12 月 27 日策定、24 年 6 月 18 日改定）に基づき海上輸送した。広域処理約 37 万 t のうち大阪府（市）（以下、「大阪府等」という。）の広域処理量は約 1.5 万 t と約 4.2% を占める。

大阪府等へは宮古地区の災害廃棄物を対象として搬出した。1 回の航海には往復で約 1 週間を要するため、週 1 回の搬出であったが、1 回当たりの搬出が約 800 t（10 t トラック 80 台分）だったので、効率性は高いと言える。ただし、空コンテナの積み下ろしと災害廃棄物の入ったコンテナの積み上げをそれぞれ各 1 日で行わなければならなかったことから、次のとおりの作業を繰り返した。

- ①大阪府等に搬出する災害廃棄物は約 1 週間で破碎・選別しコンテナに詰めて搬出バースに移動

②当該作業が終了次第次回搬出に備え同様の作業を実施

③並行して積み下ろした空コンテナは次の搬出に使用

なお、当該海上運搬は船舶の確保及び船舶への積み上げ後から処理施設への搬入まで大阪府が担当し、一元管理をした。

4 直面した課題と取組み

災害復旧や復興の工事が進むにつれて、陸上運搬で使用する車両の確保が困難となった。しかしながら、破碎・選別等を行う共同企業体の代表者が全国展開をしている企業であったことに加え、共同企業体の構成員として地元の企業も加わっていたことなどから、様々なルートを駆使しながら県内及び県外の車両を確保し運搬にあたった。

第7節 再生利用（セメント資源化、柱材・角材の再生利用）

1 セメント資源化

セメント資源化は、一度に大量かつ多様な品目の災害廃棄物を処理することができること、最終処分場の余力が少ない中で焼却灰を生じないことから、当初から有力な処理方法であると考えられた。

また、県内の2つのセメント工場に加え、近隣の青森県にも2つのセメント工場が立地していたこと、災害廃棄物を原料としたセメントを復興資材として被災地の復興工事に供給できるなどのメリットがあることから、セメント資源化を災害廃棄物の処理の中核と位置づけた。

なお、災害廃棄物のセメント資源化は一時的または時限的なものではあるが、それを実現するためには、通常の産業廃棄物処理の際など、事前にセメント工場と打合せのうえ、受入条件を十分に確認しておくことが重要である。場合によっては、製造されるセメントの品質確保のため、受入側が必要な設備を設置することや、県や市町村が破碎・選別事業者等と受入条件等について確認するなどの対応が必要になる。なお今回の災害廃棄物処理では、セメント資源化の中核となった太平洋セメント大船渡工場において、事前に除塩により塩素濃度を低減しておくこと、粒径を一定以下に破碎すること等の対応が求められた（図3.7.1）。

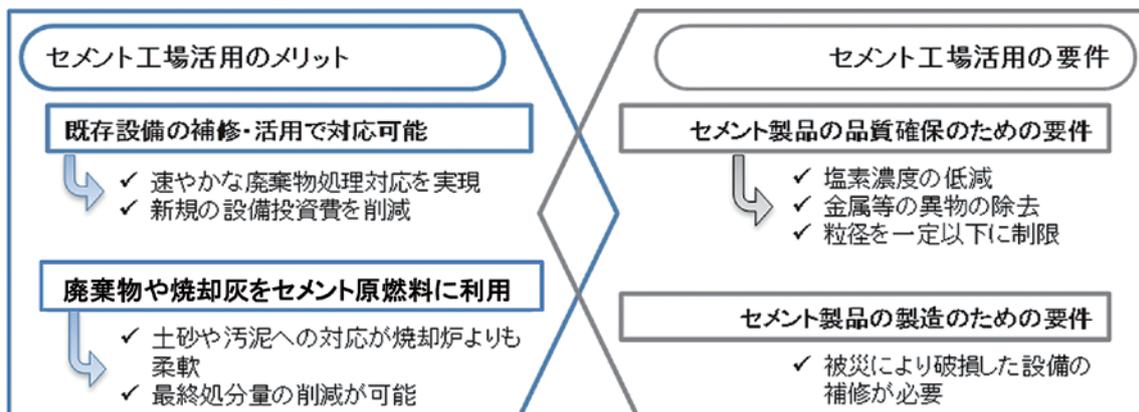


図3.7.1 セメント処理のメリット及び要件

(1) 太平洋セメント大船渡工場での処理

太平洋セメント大船渡工場は、津波により低地、海岸沿いに位置する原燃料受入設備（鉄道（石灰石受入）、船舶（原材料受入クレーン））、出荷設備、仕上（セメント粉碎）設備、セメントサイロ及び1号キルン系製造設備が冠水し深刻な被害を受けた。一方、高台に位置しセメント焼成を行う5号キルン（写真3.7.1）の損傷は軽微であったものの、セメント生産を再開するためには、原燃料受入設備、出荷設備、仕上設備、セメントサイロの復旧が大前提であり、修繕には長期間を要するとされた。

発災直後、県と大船渡市は同工場に対し、これまで廃棄物をセメント資源化してきた実績から、災害廃棄物処理の可能性について打診した。そこで、同工場では、損傷が軽微であった5号キルンにおいて、まずはセメント製造（焼成）ではなく災害廃棄物を焼却処理することについて検討を開始した。電力を供給する特別高圧用の鉄塔が倒壊し不通となっていたため、キルン等の設備を動かすことができない状況にあったが、県及び大船渡市から東

北電力(株)に早期の改修を要請したところ、同年5月9日には特別高圧電力が通電し、稼働の条件が調った。

セメント焼成キルンで災害廃棄物を焼却することは、セメント業界でも初めての試みであったことから、同年5月17日から5号キルンでの試験焼却を行い、6月22日から本格的に焼却を開始した(9月27日まで)。

並行して、セメント焼成に移行するための復旧工事が続けられ、同年11月4日からは5号キルンでの処理を「焼却」から「セメント焼成」に切り替えた。また、地震及び津波により大きな被害を受けた1号キルンについても同年12月から災害廃棄物の焼却処理を開始し、平成24年6月にはセメント焼成が再開された。

なお、普通セメントの製品規格では、塩素濃度を0.035%以下とする必要があったことから、あらかじめ受入災害廃棄物の塩素濃度を低減させるため、除塩施設(災害廃棄物の水洗等を行う施設)の設置が進められた。セメント生産が完全復旧した平成24年6月までに、14ラインの除塩施設(写真3.7.2)を完成させ、除塩した後にセメント焼成するとの工程を確立した。



写真3.7.1 セメント焼成キルン



写真3.7.2 除塩施設 1,900 t/日

(2) 三菱マテリアル(株)岩手工場での処理

三菱マテリアル(株)岩手工場では、平成23年10月から家屋被害が発生した一関市内の災害廃棄物処理を開始し、平成24年3月から大槌町の災害廃棄物処理を行った。

同工場には除塩施設が設置されていないため、災害廃棄物の塩素濃度を確認しながら、キルンへの投入量を調整し、約100 t/日の可燃系廃棄物及び不燃系廃棄物の処理を行い、平成26年3月までに約68,000 tを処理した。

特に、ふるい下(土砂分の多い可燃系混合物)など、県内の焼却施設では処理が困難なものについてセメント焼成が行われた。

(3) 他県のセメント工場での処理

沿岸北部地域(洋野町、久慈市、野田村、普代村)の災害廃棄物は、青森県の八戸セメント(株)で、約43,000 t、三菱マテリアル(株)青森工場で約16,000 tが処理された。

また、野田村の災害廃棄物（柱材・角材）約 1,100 t は、埼玉県 の 3 つのセメント工場（三菱マテリアル（株）横瀬工場、太平洋セメント（株）熊谷工場、同埼玉工場）において処理された。

2 柱材・角材の再生利用

柱材・角材に分類される災害廃棄物は損壊家屋等から発生したと思われる概ね 30cm 以上の木材であり、リサイクルが可能である。

県内には、パーティクルボード¹⁰を製造する業者や、木材をチップ化しバイオマスボイラー¹¹燃料を製造する処理業者が存在していたことから、これらを活用した再生処理（リサイクル）を行った。

二次仮置場に搬入された柱材・角材、抜根材・倒木等は、リサイクル処理できるように洗浄・破碎・金属除去が行われた。パーティクルボード原料向けには受入先側で破碎機を備えていることが多いためそのまま搬出し、バイオマスボイラー燃料向けには、破碎処理を行ってから搬出した。

約 75,000 t 発生した柱材・角材のうち、県内でのリサイクル処理は約 52,000 t、県外でのリサイクル処理は約 18,000 t に及んでおり、県全体の柱材・角材の約 93% がリサイクルされた。

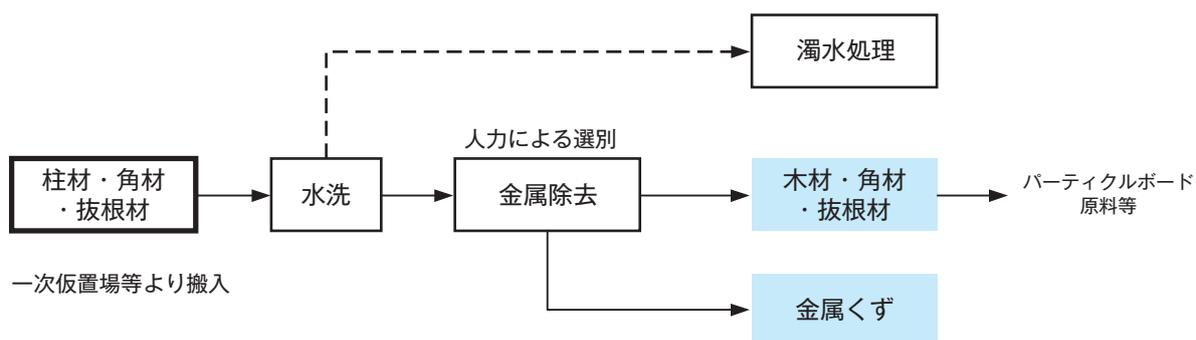


図 3.7.2 柱材・角材・抜根材選別ライン例（宮古地区）

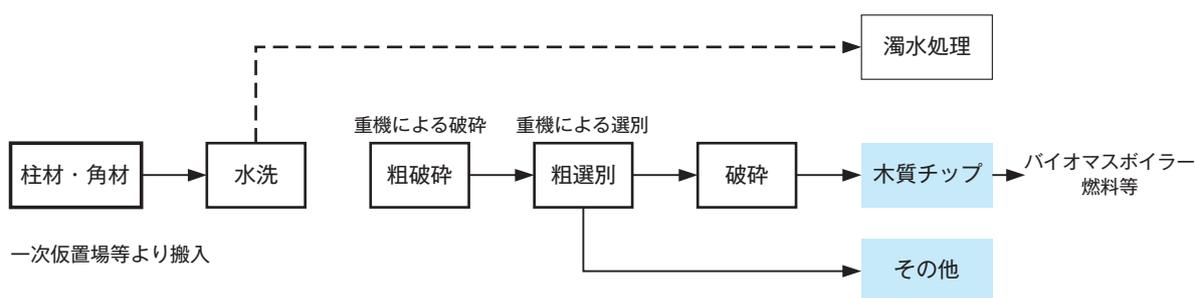


図 3.7.3 柱材・角材ライン例（大船渡地区、陸前高田地区）

¹⁰ 木材を小片（チップ）とし、接着剤で熱圧して固めた板状材料（チップボード）

¹¹ バイオマス（動植物由来の有機分）を燃料としてボイラーで蒸気を発生させ、熱利用や発電等を行うもの。

3 直面した課題と取組み

太平洋セメント大船渡工場の除塩施設からの排出水を大船渡湾に放流するに際しては、同湾が閉鎖性水域であり、震災前から県と市で「大船渡湾水環境保全計画」を策定し水質保全に取り組んできたことから、同計画に基づく水質基準を満たす必要があった。そのため、除塩施設に水質基準を満たす専用の排水処理設備を導入する対応をとった。

4 残された課題と解決の方向性

柱材・角材の再生利用にあたっては、県内には約 20 か所のバイオマスボイラー施設が設置されているが、ボイラーの機種により受入条件が異なっているため、実際に利用できたのは数施設のみであった。

また、前述（第 3 章第 1 節）でも触れたとおり、柱材・角材は、放射性物質による影響が少ないことから他県自治体からの受入希望が集中したことなど、その処理の調整に苦慮した。

柱材・角材を有効利用していくためには、県内のみならず全国のリサイクル施設の受入条件等を把握して一元的に処理できるしくみが必要である。

第8節 再生利用（復興資材化）

1 復興資材

災害廃棄物には、選別等により土木資材として活用可能となる津波堆積物、コンクリートがら及び土砂混じりの不燃系混合物等が大量に含まれていた。これらを適切に選別、分級することで、全量を再生資材（復興資材）として活用した。

2 県復興資材活用マニュアルの策定

災害廃棄物発生総量 618 万 t を種類別にみると、津波堆積土及びコンクリートがらが約 410 万 t（約 66%）を占める（第3章第1節参照）。これらを復興資材として迅速に処理し、活用することが、処理期限である平成 26 年 3 月末までの処理終了には不可欠であった。また、約 114 万 t（約 18%）を占める不燃系廃棄物についても、できるだけ資材化し、活用することが求められた。

環境省では、「東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生材の活用について（通知）」（平成 24 年 5 月 25 日付け環境省通知）により、災害廃棄物由来の資材（復興資材）を復旧復興のための公共工事に活用する方針を示した。

これらを受けて、県内で統一した基準を設け、資材としての性能を活用者に示すことによる活用促進を目指し、平成 24 年 6 月 29 日に県復興資材活用マニュアルを策定した。その策定にあたっては、環境への有害性に加え、盛土材料や埋立柱等としての品質評価等を示す必要があり、土木専門的な検証が必要であったため、公益社団法人地盤工学会から技術指導と監修を得た。

同マニュアルの判定基準に適合した復興資材は、土木資材等として十分活用できるが、沿岸部では高台造成事業等で大量の土砂が発生することが予想されていたため、当初、各公共工事所管部局が災害廃棄物由来の復興資材の活用に関心を持っていた。そのため、関係部局への活用の依頼や、活用者を対象とした「復興資材活用促進セミナー」を開催するなど、積極的にその活用促進に努めた。

3 復興資材の分類

復興資材の分類は以下のとおりである。

（1）分別土A種

災害廃棄物の種類：津波堆積物

津波堆積物は、海底や海岸に堆積していた砂泥が津波により陸上に打ち上げられたものであり、小粒コンクリート片や粉々になった壁材等が混入しているが、これらを適切に選別することでほぼ土砂分となるため、防潮堤の堤体や公園、漁港施設用地の盛土材等として広く活用した。

（2）分別土B種

災害廃棄物の種類：可燃系混合物及び不燃系混合物

可燃系混合物及び不燃系混合物を高度に選別した結果生じた土砂であり、構造物を作らない防潮林の盛土材等として活用した。

(3) コンクリートがら

災害廃棄物の種類：コンクリートがら

主に建物や基礎等の解体で発生したコンクリート片やコンクリートブロック等から付着している土砂や混入している可燃物等を取り除き、破碎・分級したものである。

製造した資材は通常の再生砕石と同様に、路盤材やかさ上げ材等として活用した。

(4) 土木資材（太平洋セメント大船渡工場製造）

災害廃棄物の種類：可燃系廃棄物及び不燃系廃棄物

太平洋セメント大船渡工場における除塩処理の分級過程で発生した土と砂は、セメント原料としての活用その他、土木工事の要件を満たすために生石灰等を添加して改質し、沿岸地域の盛土や埋土の材料として活用した。

4 復興資材の活用状況

復興資材の活用状況は表 3.8.1 のとおりである。復興資材は、全量を国、県及び市町村の公共事業に供給した。

表 3.8.1 復興資材の活用状況

復興資材の種類	工事の種類	量
津波堆積土 (分別土 A 種)	海岸堤防復旧	約 137 万 t
	海岸防災林復旧	
	漁港災害復旧	
津波堆積土 (分別土 B 種)	道路復旧	約 48 万 t
	河川災害復旧	
	圃場整備	
コンクリートがら (再生砕石)	運動場整備	約 226 万 t
	仮置場造成	
	公園事業	
土木資材 (太平洋セメント大船 渡工場製造)	土地区画整理事業	約 47 万 t
	その他かさ上げ工事等	

5 直面した課題と取組み

復興資材は大量に発生するため、二次仮置場とは別の場所で保管していたが、スペースが不足したため二次仮置場から当該保管場所に搬出できなくなり、災害廃棄物の処理（復興資材化）が滞るといった事態が度々発生した。

また、災害廃棄物処理と復興工事のスケジュールに大幅なずれがあり、活用場所、時期、量、運搬方法など、細かい調整が必要であった。すみやかな復興資材の引渡しについて公共事業担当部局との調整が進み活用に至った工事もあるが、調整できずに苦労した事態も多数あった。

また、住宅の高台移転のための土地造成により膨大な量の切土（自然土）も発生したことから、全県的な土量の需給調整が必要となった。

6 残された課題と解決の方向性

公共工事部局との連携を強化し、災害時の復興資材の安全性を担保する等して、優先的な活用につながる仕組みを検討する必要がある。

なお、こうした取組を進めるため、公益社団法人地盤工学会においては、「災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン（平成26年10月）」を策定し、復興資材等の品質管理のほか環境安全性の考え方や設計施工を行う上での技術的事項をとりまとめている。