

# 建設 リサイクル

2018.秋号、2019.冬号  
合併号 Vol.85

地球環境を守り、豊かな暮らしを創り続ける。  
それが私たち建設産業の使命です。

3Rで持続可能な社会を実現



(写真提供: 国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所)

震災ガレキ等の活用



(2018年1月1日撮影 写真提供: JSC)

再生材を活用



(写真提供: 建武工業(株) (国土交通省九州地方整備局福岡国道事務所発注工事))

建設発生土を他工事で活用



(写真提供: 阪神高速技術(株))

シールドトンネル工事の建設汚泥を埋立てで活用



## 目次

### 特集

#### 2018 建設リサイクル技術発表会・技術展示会

- ・技術発表会・技術展示会：開催報告…………… 1  
(技術発表会、技術展示会出展者一覧および出展技術、技術展示優秀賞受賞者)
- ・特別講演：九州における災害廃棄物処理の現状とこれからの対応…………… 5  
福岡大学工学部 教授 佐藤 研一  
キーワード：災害廃棄物、仮置場、有効利用、石膏ボード
- ・基調講演：最近の建設リサイクルの現状について…………… 13  
国土交通省 総合政策局公共事業企画調整課 環境・リサイクル企画室長 直原 史明  
キーワード：再資源化率、建設リサイクル推進計画、建設副産物物流、マッチング
- ・技術発表：自然環境や景観を保全する地山補強土工法 ユニットネット工法…………… 17  
株式会社ダイカ 商事営業部長 寺岡 克己  
キーワード：斜面安定、補強土、自然環境、景観、環境負荷  
掘削残土の低減と産業廃棄物の発生抑制が可能な地山補強土『PAN WALL 工法』…………… 21  
PAN WALL 工法協会(所属:株式会社テクノサポート パンウォール事業部) 山根 茉莉子  
キーワード：掘削残土低減、産業廃棄物抑制、垂直勾配、地山補強土、  
土木学会技術評価
- 回転式破砕混合工法による建設発生土リサイクル技術について…………… 25  
日本基礎技術株式会社 技術本部 工事部 課長 新井 英夫  
(回転式破砕混合工法研究会会員)  
キーワード：回転式破砕混合工法、建設発生土、リサイクル、築堤盛土材、改良土製造  
カエルドグリーン工法～建設発生土(表土等)をリサイクルしてのり面の植生を復元～…………… 29  
日特建設株式会社 技術本部 石垣 幸整、大西 朝晴  
キーワード：リサイクル、森林表土、機械採取、国産種、緑化工  
一地中に森をつくる一木材で温室効果ガスを削減する地盤改良技術…………… 33  
(LP-LiC 工法、LP-SoC 工法)  
木材活用地盤対策研究会  
キーワード：丸太、液状化対策、軟弱地盤対策、地球温暖化対策、炭素貯蔵、  
省エネルギー

### トピックス

- 電子マニフェストの利用促進について -建設廃棄物の適正処理の確保に向けたツールとして-…………… 37  
公益財団法人日本産業廃棄物処理振興センター電子マニフェストセンター  
キーワード：電子マニフェスト、導入メリット、報告不要、運用方法、普及目標 70%

### 建設リサイクルの現場レポート

- 東日本大震災の津波被災地における環境負荷低減事例と 3R 活動推進のための課題…………… 42  
株式会社大林組気仙沼赤岩港造成工事事務所 工事長 (当時) 内山 里映  
キーワード：建設発生土、ICT、自ら利用、資材選定の工夫

### ほっとひと息 おとなりさんのエコ

- 乾電池のリサイクル (使用済み乾電池は都市鉱山)…………… 49  
東京製鐵株式会社 岡山工場 環境リサイクル事業担当 中島 秀文  
キーワード：乾電池、リサイクル、使用済み、電気炉、製鉄、資源循環

### 建設リサイクルQ&A

- 建設現場における委託契約やマニフェスト等について…………… 54  
建設副産物リサイクル広報推進会議 事務局

### インフォメーション

- 平成 30 年度 リデュース・リユース・リサイクル推進功労者等表彰…………… 55
- 2018 年度 建設リサイクル広報用ポスター掲出…………… 57

特に断り書きのない場合、執筆者の所属・職位等は執筆当時のものです。  
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。  
表紙／平成 30 年度建設リサイクル広報用ポスター



# 特集

## 2018建設リサイクル技術発表会・技術展示会 ～建設リサイクル 資源を未来へつなぐ架け橋～ 開催報告

主催：建設副産物リサイクル広報推進会議、九州地方建設副産物対策連絡協議会

後援：国土交通省、3R活動推進フォーラム、リデュース・リユース・リサイクル推進協議会

建設リサイクル技術発表会・技術展示会は、建設リサイクルの更なる普及と促進にむけて、関係者に対する意識啓発と建設リサイクルの推進に有用な技術情報等の周知・伝達、技術開発の促進、一般社会に向けての建設リサイクル活動のPRを目的として毎年開催しています。

今年、「九州建設技術フォーラム2018」と同時開催しました。

### 【技術発表会】

開催日時：平成30年10月10日(水)13:00～16:00

開催場所：福岡国際会議場 中会議室411・412 (4F)

参加者数：約340名

プログラム：

|       |         |  |
|-------|---------|--|
| 12:30 | 開場・受付   |  |
| 13:00 | 開会      |  |
|       | 開会挨拶    | 建設副産物リサイクル広報推進会議会長 佐藤 直良<br>(一般財団法人 先端建設技術センター 理事長)<br>九州地方建設副産物対策連絡協議会委員長 伊勢田 敏<br>(国土交通省 九州地方整備局 局長)             |
|       | 来賓挨拶    | 国土交通省 大臣官房技術参事官 岡積 敏雄 氏  |
| 13:10 | 基調講演    | 「最近の建設リサイクルの現状について」<br>国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課<br>環境・リサイクル企画室長 直原 史明 氏   |
| 13:25 | 技術発表    | ユニットネット工法 株式会社ダイカ<br>掘削土量の低減に効果的な地山補強土『PAN WALL工法』<br>PAN WALL工法協会<br>廃石膏ボードや建設系混合廃棄物の造粒固化技術による再資源化<br>恵和興業株式会社    |
| 14:10 | ～ 14:25 | 《休憩》   |
| 14:25 | 技術発表    | 「回転式破碎混合工法」による建設発生土リサイクル技術<br>回転式破碎混合工法研究会<br>カエルドグリーン工法 日特建設株式会社<br>木材で温室効果ガスを削減し、林業再生にも貢献する地盤改良技術<br>木材活用地盤対策研究会 |
| 15:10 | 特別講演    | 「九州における災害廃棄物処理の現状とこれからの対応」<br>福岡大学工学部 教授 佐藤 研一 氏   |
| 15:50 | 技術展示表彰式 | ※「建設リサイクル技術展示会」の優秀な技術展示を表彰   |
| 16:00 | 閉会      |  |

# 特集



建設副産物リサイクル広報推進会議  
佐藤会長((一財)先端建設技術センター 理事長)



九州地方建設副産物対策連絡協議会  
伊勢田委員長(九州地方整備局 局長)



国土交通省 大臣官房  
岡積技術参事官



| 建設リサイクル技術発表会  |  | 建設リサイクル技術展示会   |                               |
|---|--|--|-------------------------------|
| 日時：10月10日(水)18:30~19:00<br>(集合受付 17:30~)  | 定員 280名  | 日時：10月 9日(火) 9:00~17:00<br>10月10日(水) 9:00~18:30      | 会場：福岡県立総合技術センター(福岡県 北九州市 若狭町) |
| 協賛：福岡県建設業協会、福岡県建設業協会、福岡県建設業協会、福岡県建設業協会、福岡県建設業協会、福岡県建設業協会                                      | 協賛：福岡県建設業協会、福岡県建設業協会、福岡県建設業協会、福岡県建設業協会、福岡県建設業協会、福岡県建設業協会                 | 主催：国土交通省 大臣官房  | 共催：国土交通省 大臣官房                 |
| 特別講演<br>『九州における災害廃棄物処理の現状とこれからの対応』<br>福岡大学 工学部 佐藤 研一 氏  | 基調講演<br>『最近の建設リサイクルの現状について』<br>国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課環境・リサイクル企画室長 直原 史明 氏 | 九州建設技術フォーラム 2018<br>http://www.kushikigaku.com/2018/ |                               |
| 技術発表会申し込み<br>〒810-0001 福岡県北九州市若狭町 建設技術センター<br>TEL:093-3942-2931 / http://www.kushikigaku.com/ |  |  |                               |

## ■特別講演

『九州における災害廃棄物処理の現状とこれからの対応』と題して、「熊本地震（平成28年4月）の災害廃棄物処理」「H29北部豪雨の災害廃棄物処理」「災害廃棄物の中にも含まれる石膏ボードおよび現在の廃石膏ボードのリサイクル」について、福岡大学工学部教授 佐藤 研一 氏からご講演をいただきました。

## ■基調講演

『最近の建設リサイクルの現状について』と題して、「建設リサイクルの現状」「建設リサイクル推進計画2014の概要」「建設発生土の取扱いに関する参考資料」「次期計画の建設リサイクル分野における新たな検討項目（案）」について、国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課環境・リサイクル企画室長 直原 史明 氏からご講演いただきました。

# 特集

## 【表彰】

「建設リサイクル技術展示会」の優秀な技術展示を対象に厳正な審査の結果、九州地方建設副産物対策連絡協議会委員長（九州地方整備局 局長）より優秀賞が授与されました。

- エポコラム工法（Loto・Taf・Pls 工法）  
エポコラム協会 九州支部
- 回転式破砕混合工法  
回転式破砕混合工法研究会
- プラロード式簡易仮設道路工法  
旭洋設備工業株式会社/新館建設株式会社
- スーパーロックEXα工法（硬質地盤型）  
中村基礎工業株式会社



審査の様子



表彰状授与

左から 九州地方建設副産物対策連絡協議会 幹事長（九州地方整備局 企画部長）  
九州地方建設副産物対策連絡協議会 委員長（九州地方整備局 局長）  
エポコラム協会 九州支部  
中村基礎工業株式会社  
旭洋設備工業株式会社/新館建設株式会社  
回転式破砕混合工法研究会  
建設副産物リサイクル広報推進会議 会長（（一財）先端建設技術センター 理事長）

# 特集

## 【技術展示会】

開催日時：平成30年10月9日(火)14:05~17:00

平成30年10月10日(水)10:00~16:30

開催場所：福岡国際会議場 多目的ホール(2F) ロビー(エントランスホール1F)

来場者数：約3,000名(2日間) ※九州建設技術フォーラム2018事務局調べ

出展者数：25者

|    | 出展者名                                      | 出展技術  |
|----|---|---|
| 1  | あおみ建設株式会社                                 | <a href="#">Re-Pier 工法</a>  |
| 2  | 一般財団法人日本建設情報総合センター                        | <a href="#">建設副産物情報交換システム</a>   |
| 3  | 内田産業株式会社                                  | <a href="#">超大型モノレール運搬システム</a>  |
| 4  | AT 工法研究会                                  | <a href="#">AT-P 工法</a>   |
| 5  | エポコラム協会 九州支部                              | <a href="#">エポコラム工法 (Loto・Taf・Pls 工法)</a>   |
| 6  | 回転式破砕混合工法研究会                              | <a href="#">回転式破砕混合工法</a>   |
| 7  | 株式会社オクノコトー                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・<a href="#">土砂混合システム</a></li> <li>・<a href="#">「すきとり表土」分別工法</a></li> </ul>  |
| 8  | 株式会社加藤建設                                  | <a href="#">パワーブレンダー工法</a>  |
| 9  | 株式会社栄組                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・<a href="#">ノズル型圧力調整注入工法</a></li> <li>・<a href="#">真空吸着型圧力調整注入工法</a></li> </ul>   |
| 10 | 株式会社ダイカ                                   | <a href="#">ユニットネット工法</a>   |
| 11 | 協同組合 Masters 地盤環境事業部<br>九州土留部材引抜同時充填工法研究会 | <a href="#">土留部材引抜同時充填工法</a>  |
| 12 | 旭洋設備工業株式会社<br>新館建設株式会社                    | <a href="#">プラロード式簡易仮設道路工法</a>  |
| 13 | 恵和興業株式会社                                  | <a href="#">造粒固化技術による建設副産物のリサイクル</a>  |
| 14 | 新日鐵住金株式会社                                 | <a href="#">固まる簡易舗装材カタマ®SP</a>  |
| 15 | 中村基礎工業株式会社                                | <a href="#">スーパーロック EX α 工法 (硬質地盤型)</a>   |
| 16 | 日特建設株式会社                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・<a href="#">FWG 軽量盛土工法</a></li> <li>・<a href="#">ミラクルボール緑化、MBS S 工法</a></li> <li>・<a href="#">ミラクルソル水質浄化システム</a></li> </ul> |
| 17 | 日本建設技術株式会社                                | <a href="#">リサイクル緑化 カエルドグリーン工法</a>  |
| 18 | ネプラス工法全国会                                 | <a href="#">ネプラス工法</a>  |
| 19 | パルテム技術協会 九州支部                             | <a href="#">パルテム・フローリング工法</a>   |
| 20 | PAN WALL 工法協会                             | <a href="#">パンウォール工法</a>  |
| 21 | 福岡県ジオファイバー協会<br>福岡県ニューレスプ協会               | <a href="#">ニューレスプ工法</a>  |
| 22 | マッドミキサー工法協会                               | <a href="#">マッドミキサー工法</a>   |
| 23 | 木材活用地盤対策研究会                               | <a href="#">丸太打設液状化対策&amp;カーボンのストック工法</a>   |
| 24 | 九州地方建設副産物対策連絡協議会                          | <a href="#">建設副産物リサイクルの推進</a>   |
| 25 | 建設副産物リサイクル広報推進会議                          | <a href="#">建設副産物リサイクルの推進</a>   |

※出展技術の詳細は、「九州建設技術フォーラム2018」ホームページ出展技術の紹介(PDF)よりご確認ください。

# 九州における災害廃棄物処理の現状とこれからの対応

佐藤 研一  
福岡大学工学部 教授

キーワード：災害廃棄物、仮置場、有効利用、石膏ボード

## はじめに

福岡大学の佐藤です。「九州における災害廃棄物処理の現状とこれからの対応」と題して講演させていただきます。

熊本地震の災害廃棄物処理、それから九州北部豪雨、最後に災害廃棄物の中にも多く見られる廃石膏ボードのリサイクルについて、特に建設廃棄物のリサイクルの視点から、3つのテーマでお話したいと思います。

## 熊本地震の災害廃棄物処理

まずは熊本地震の災害廃棄物処理についてです。平成28年4月14日と16日の2回、震度7の大きな地震が起きました。現在、懸命な復興事業が行われているところです。

地盤工学会は、災害調査団が結成されました。その中には、液状化や崖崩等を調査する班もありましたが、私は災害廃棄物班に所属し、調査を行いました。今日は、その時に調査報告された内容をご紹介します。

まず、「災害時の廃棄物対策3つの柱」というものがあります。災害初期に何に困るかという点、私たちは生きていますので、し尿と生活ごみの処理に困ります。中長期的には災害廃棄物、瓦れき処理が大きな問題となってきたり、各自治体はその処理に非常に困っていくという状況になります。

次に、災害廃棄物の処理フローです。被災した直後から家庭ごみが出始めて、その1次仮置場が設置されます。その後、2次仮置場にこれらのごみを運んで処理をする場所が必要になり、最終的には焼却やそのまま最終処分あるいは再生利用

### 災害時の廃棄物対策3つの柱

|       |   |   |
|-------|---|---|
| 初期対応  | ①し尿<br>●仮設トイレ等の槽が満杯に・・・<br>→し尿処理業界が各地から応援                         |    |
|       | ②生活ごみ<br>●集積所等で悪臭やハエの発生、景観の悪化<br>→他市町村からの応援                       |  |
| 中長期対応 | ③災害廃棄物(がれき)<br>●生活再建・復興の支障<br>→仮置場の設置と集積<br>→発生量の推計<br>→広域処理体制の構築 |  |

環境省資料 平成28年4月22日公表



されます。この1次仮置場を設置する際に、各自治体の経験不足もあって、手間取ることが課題の一つになると思います。

では、熊本地震の廃棄物はどうだったか見てみます。当初は200万トンぐらいではないかと言われていたのですが、最終的には300万トンを超え

# 特集

ています。300万トンは、東日本大震災の3,000万トンに比べれば10分の1と少ないように見えますが、それなりに大量な廃棄物量かと思えます。家屋は全壊が約9千戸・半壊が約3万戸です。これらを2年以内に処理を終わらせるという目標のもと対策が進められました。

地盤工学会では、1次調査から6次調査まで行い、発災から1週間後、2週間後、1カ月後というタイミングで、災害ごみの状態について調査・確認を行いました。主な調査内容は、処理の状況と、現地でヒアリングのもと土壌のサンプリングや積み上げられた廃棄物の温度測定でした。

このスライドは、熊本地震の発災から2週間後の状況です。道路脇が1次仮置場として設定されたのかもしれませんが。このように災害後は自治体が想定したよりもはるかに大量のごみが家から出てくるわけです。点字ブロックの上にもごみが置かれ、歩道が塞がれているような状態です。このような状況が、発災直後にはどの場所においても生じてしまうということを知っておかないといけません。



災害廃棄物 発生当時の状況  
熊本市内のごみステーション(1次仮置場)の様子(平成28年5月2日)

次に、仮置場の経時的な変化を見てみます。これは益城町です。4月22日の時点ではごみがどんどん搬入されて来ており、ある程度の分別が行われています。そして、時間の経過とともにかなり沢山のごみが持ち込まれているのがわかります。そして、7月2日、発災から3カ月ぐらいい経過すると1次処理場から2次あるいは処分場等に搬出されており、ごみがほぼなくなっている状況がわかります。非常に迅速なごみ処理が行われています。

## 仮置場の運用・維持管理

熊本地震では、県内58カ所に仮置場が設置されました。状況に応じて変動はありましたが、こ



のような場所に仮置場が設置されました。各自治体から「この場所にごみを持って行ってください」と指導がなされるわけです。また、仮置き場では、災害廃棄物処理支援ネットワーク(D.Waste-Net)から分別の指示がしっかりと行われました。



このスライドでは、分別指導により分別された9種類の災害廃棄物を示しています。後で示しますが、北部豪雨のときにもこのような分別回収が行われており、素晴らしい対応と取り組みだと思います。また、消火器、蛍光灯、ソファ等といったものも、地域によりますが分別がしっかりと行われていました。



## 仮置場の状況(分別状況の一例)

発災から2週間



・地域によっては、さらに細かく分類している所もある。  
・分別状況には地域差が見られる。

## 仮置場の維持管理(火災予防・周辺環境モニタリング)

火災予防モニタリング ※1) [https://www.nies.go.jp/shinsai/karioki\\_kasai\\_no2\\_110919.pdf](https://www.nies.go.jp/shinsai/karioki_kasai_no2_110919.pdf)

✓ 可燃性廃棄物の温度測定(国立環境研究所の報告)を参考)

- ・モニタリングする重点領域
  - 法面部分の最も危険性が高く、法面から4m程度までを重点的に調査する。
  - 小段部分についても空気の流入が大きくなることから注意が必要である。
  - ただし、本重点領域は目安であり、全体的に調査することが望ましい。

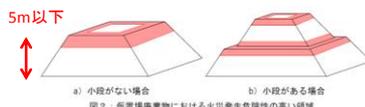


図2: 仮置場廃棄物における火災発生危険性の高い領域



東日本大震災



温度測定の様子

φ 2~3cmの塩ビパイプを1m挿入し、その中に温度計を落とし込み内部温度を測定

さて、東日本大震災の時には瓦れきの量が莫大であったことから、中間処理が追いつかず多くの火災が発生しました。

特に木質系の廃棄物が山積みになれ、ある高さを超えると、ガレキ中で木材の発酵が促進されて発火してしまいます。この火災は、今回の熊本では起きなかったのですが、地盤工学会の調査団は、温度の測定を行ってみました。このスライドは、温度をはかっている様子です。

5月14日、このときの気温は32℃です。近年5月でも気温が高いので気になるところですが、今回の場合では内部温度はさほど上がり、

## 仮置場の維持管理(火災予防・周辺環境モニタリング)

温度測定結果 2016年5月14日 最高気温32.0℃



30℃以下になっていました。

量は2次処理をしてチップ化し、バイオマスの燃料にするため、量を粉砕して山積みになっています。この山積みの中の温度を測ってみると50℃を超えていました。たかだか2mと少しぐらいの山積みですが、発火してしまいそうなくらい熱が上がっていることがわかりました。このような場合、定期的なかきまぜと、余り高く積まないこと、消火器を周りに用意するといった対策が必要です。このように、有機物系の災害ごみをチップ処理した後は、できるだけ早く次の処理に持っていくということが必要になります。

災害では被災者が廃棄物以外のごみをこの時とばかりに自宅から出してきたりすることもあります。例えば、電池やバッテリーというものは、地盤上に直接廃棄・放置してしまうと、いろいろな土壌汚染を引き起こす可能性があります。今回、地盤工学会ではそういう視点から土質のサンプリングを行って少し分析を行ってみました。その結果、熊本の地震に関しては特にこのような廃棄物による土壌汚染への影響はありませんでした。しかし、ごみ処理が長期化すると汚染の可能性もあります。仮置場には鉄板を敷き、取り扱いに注意を伴う災害廃棄物を収集するときにはしっかりモニタリングができるような体制を取る必要があると思います。

## 災害廃棄物の処理計画

災害ごみは、発災から1週間程度なら車で仮置き場に十分廃棄していただけます。しかし、仮置き場のごみのボリュームが増え、2次処理施設に持っていくタイミングが遅れてしまうと、ごみが山積みされてしまいます。また、ごみの量を見誤って、仮置き場を設置してしまうと想定した量よりもはるかに沢山のごみが出てきた場合、処理ができなくなります。また、仮に仮置き場を複数用意しておいても、なかなか災害ごみの発生量の推定は、難しいかもしれません。自治体としては候補地を幾つも用意し、既にある仮置き場が満杯になった時に次の候補地をしっかりと確保しておくことが必要になると思います。

このような現状を考えると、自治体は災害廃棄物処理計画を策定して、仮置き場、ごみ処理方法と焼却処理場のキャパシティを確認しながら廃棄物の処理計画を立てて、日ごろから準備をすることが必要です。

今年起きた真備町の水害では、自治体が1次仮置場を自分の家の近くの道路脇と指定していました。そのため災害復旧車も通れない状況になり、また、乾燥に伴う粉塵により被災者は喉に障害が起きるひどい状況になりました。これも、出てくるごみの量を見誤っていた例と思います。被災者は一刻も早く自分の家を片付けたいわけですから、次から次にごみが出てきます。仮置き場の設置場所を見誤るとごみが道を塞いでしまい交通渋滞に拍車がかかります。発災後は、ただでさえ交通渋滞になるので、しっかりと仮置場の確保を行ってほしいと思います。

一般に仮置場は、学校のグラウンドや公園であったり、日ごろ使っていない公共の空き地であったりします。例えば、水害被害だったりすると既にグラウンドがかなり水を含んでいるような状態になります。そこに、廃棄物を積んだ車が入ってきてしまうとすぐに地盤が泥濘化してしまいます。もし、グラウンドの真ん中に水たまりでもあろうものなら、車がスタックしてしまって所定の場所にごみを持っていけなくなります。したがって、適切な分別ができなくなります。このようなことを防ぐために早い段階で、鉄板等の敷き設を行う必要があります。例えば、砂利みたいなものを敷き込んであげればトラフィカビリティもとれます。そのため、搬路の確保、分別をしっかりできるような対策は重要です。

自治体は、仮置場の設置だけではなく、状況に応じた仮置き場の管理を適切に行ってほしいと思います。状況に応じた対策を行い、できるだけスムーズに1次仮置場のごみ処理を進めることが非常に重要なポイントだと思います。

## 災害廃棄物の有効利用

熊本地震では、家屋の被害が非常に多かったことで、瓦がたくさん廃棄物として出てきました。この瓦は埋め立て処理する方法もありますが、リサイクルできる資材の一つと思います。

熊本市の計画だと、セメント瓦はリサイクルして、ほかの瓦は埋立処分でした。地盤工学的な観点から瓦の有効利用を考えようということで、路盤材として使えないかと仮置場で収集された瓦を用いて土質試験を行いました。

実験に用いた瓦は陶器瓦、焼き瓦、セメント瓦の3種類です。研究室で破碎して、粒度調整したものです。修正CBR試験を行ったところ、締固

め度90%で下層路盤の基準である30%以上はいずれも満足しました。この結果から考えると、瓦を回転式破碎機等で破碎して、道路復興資材として使うと、処分場の延命化につながり、復興費用の負担を軽減することができます。災害時は、ただでさえごみが沢山出ますので、このように廃棄物を復興事業などに利活用して欲しいと思います。

## まとめ

熊本地震のまとめとしては、東日本大震災と違って津波被害がなかったため、塩害や津波分別土のようなものはありませんでした。しかし、沢山の家屋からのごみが出ました。復旧・復興のときにリサイクル資材として使えるものは有効利用を進めてもらいたいと思います。

地盤工学会は、東日本大震災のことを受けて、「災害廃棄物から再生された復興資材の有効利用ガイドライン」を製作・出版しています。今後は、このようなガイドラインを参考に、災害廃棄物を復興資材として活用することを考えて頂ければと思います。

熊本では地震が起こることを想定しにくかったこともあり、災害廃棄物処理計画を策定していませんでした。そのため、対応が、少し後手に回ったところもあったかと思います。仮置場の候補地に奔走してしまい、無分別の状態を受け入れたり、盗難、不法投棄などの発生も起きたかと思えます。また、せっかく見つかった候補地も自衛隊に提供したということも起こりました。九州は台風、地震も起きますので、平時から災害処理計画の策定が重要と当時の学会で報告されました。

## H29 九州北部豪雨の災害廃棄物処理

平成29年の7月の九州北部豪雨では、大量の災害発生土砂が発生しました。真砂土地盤における地すべりが多かったため、大量の真砂土が河川の水とともに下流域流れ、多くの土砂が家屋を倒壊させ、大きな被害となりました。

また、今回の災害で特徴的だったのは流木です。山から下ってきた大量の流木が家屋を襲いました。この流木の処分に非常に困ったというのが今回の災害の大きな特徴です。

災害発災直後から災害廃棄物の仮置場の状況確認をしました。この地域では、発災時に災害ごみをどうするかということがしっかり議論され

ていました。7月9日には仮置場が設置され、多くの災害ごみが運び込まれていました。また、現場にもきちんと人員が配備されていました。

排出量は、推計中ですが、全壊が240戸で半壊が803戸なので、廃棄物量としてはさほど多くなかったことが推測されます。しかしながら、土砂と流木が沢山出ました。

## 7.1 福岡県の災害廃棄物への備え

○福岡県では、平成29年2月(発災5ヶ月前)に過去の災害経験を踏まえ、関係団体、協会に対し、廃棄物処理に関する協力依頼をスムーズに行うことができるよう協定を締結していた。

- 公益社団法人福岡県産業廃棄物協会、福岡県環境整備事業協同組合連合会、一般社団法人福岡県建造物解体工業会、福岡県清掃事業協同組合連合会等。
- 福岡県内での災害だけでなく、他県で発生した災害時も協力を依頼するケースがあると明記されている。
- ※最大のメリット:災害発生後の対応速度の向上!(初動スピードを速める大きな力)
- 災害廃棄物処理は初動対応が重要
- ※書類の準備や条件の検討等の必要がない!

○九州・山口9県における自治体の相互支援協定のための災害廃棄物処理連絡会が組織。  
※第1回会合:平成29年6月27日に開催、各県庁の課長級が参加  
※研修会:平成29年6月30日、熊本県西原村の職員が講師

- 災害廃棄物処理に関する一般論だけでなく、仮置場での廃棄物の分別配置の図面を用いた図上訓練が行われた。
- 東峰村:災害時には研修で配布された仮置場の配置図が大いに役に立つ。
- 朝倉市:災害廃棄物処理マニュアルが整備。処理体制、仮置場の配置、搬出先等が事前に準備されていた。
- 日田市:災害廃棄物処理計画が整備。平成24年九州北部豪雨災害の経験を踏まえ、周到な計画が立てられていた。

福岡県では発災の5か月前になる平成29年2月に、今までの災害経験をを受けて関係団体と協定を結んでいました。初動が重要であり、他県で発生したごみは、お互いに協力し処理を行おうというものです。結果的には、この協定が非常に役立つことになりました。

また、九州・山口9県における相互支援体制がとられていました。実は発災前の6月27日に、各県庁の課長級が参加して、熊本県西原村の職員が講師となり研修会が行われ、仮置場における廃棄物の配置図の図面等を用いて机上の訓練が行われていました。今回、この経験が東峰村や朝倉市ではとても生かされることになっています。さらに、大分県の日田市では災害廃棄物処理計画がすでに整備され、冊子が作成されていました。実際に冊子を見せていただきましたが、立派なものでした。これは平成24年に九州北部豪雨と同じような豪雨災害を経験後に周到に計画がつけられていたということもあり、発災直後から計画をもとに体制が整えられ、熊本に比べると日田市の対応は適切なものであったかと思えます。

発災直後に災害廃棄物の処理の状況を見ると、東日本大震災の経験から、環境省も7月5日には災害対策チームが編成されて、6日には大分県、福岡県の災害対策本部に支援チームが派遣されています。現地支援チームは、環境省の職員と災害廃棄物処理支援ネットワーク(D.Waste-Net)の

メンバーで構成されて、被災の状況、仮置場の選定等が行われました。このような体制のもとで九州北部豪雨のごみ処理の体制は、整っていました。

このように自治体は、体制を整え取り組もうとするのですが、実際発災後には先ほどもご紹介したようにごみがずらっと並ぶわけです。仮置場を開設すると被災者は、すぐにごみを持っていくとするのですが、今回朝倉市はピーク時に約1,000台を超える車が並んでしまいました。

## 勝手仮置き場の発生



勝手仮置き場の例

その結果、勝手仮置場があちらこちらにできてしまいました。誰かが勝手に「ぼい」とごみを置いた瞬間に、そこがごみ置き場と判断されてしまい、50カ所以上の勝手仮置場ができてしまいました。勝手仮置場ができる理由の一つに、高齢化があります。被災地では高齢者が廃棄物を持ち出すのに困難を要します。代わりにごみを持っていくってくれる人がおらず、搬出の車両もないため、自宅の周辺に搬出してしまうことで、そこが勝手仮置場となるのです。一度ごみが置かれ始めると仮置場と間違われ、ごみが集積されてしまいます。そういう意味では、自治体は仮置場の場所を日頃から被災者に知らせること、さらにごみの出し方や高齢者の方々への対応が今後必要になると思います。

## 土砂と木材の状況

次に北部豪雨発災後の被災地とごみ処理の状況を見て行きます。

発災から1ヶ月経過後の赤谷川地区です。まだまだ多くの土砂が川に堆積しており、これを今から処理していかなければならないという状況でした。

木材は、流木置き場が設置され、ここで一旦保管されていました。今回の災害発生流木に関しては、全量サーマルリサイクルするため、チップ化して燃やすことになり、流木のチップ処理施設も設置されました。

北川地区も、大量の土砂が山から流れ込んでおり、朝倉市ゲートボール場のごみ集積所に、きれいに分別処理され、ごみが集積されていました。

## ① 朝倉市杷木東林田 赤谷川付近



朝倉市の流木と土砂はあまぎ水の文化村というところに集積されていました。この写真から、大量の流木が集められていたことがわかります。流木の幹の部分は処理がしやすいが、株の部分の処理がかなり大変だとのことでした。一方、木の皮の部分は、これも先ほど熊本地震で調査をしたように高さを測ると5mぎりぎり、かなり高く積み上げられ、少し濡れた状態で保管されていました。

## ⑥ 朝倉市矢野竹 あまぎ水の文化村 流木・土砂仮置き場



一方、大量の災害発生土砂は、調査したところ比較的粒度分布も均一な砂でありました。また、河川の上流、中流、下流で土砂の粒径が若干違う状況でした。この発生土砂は、復興事業で有効利用できるのではないかとということで、福岡県にお願いして発生土砂の分析をしました。

ここでは、うきは市の2種類の土砂A、土砂Bと2つに分けています。きれいな土砂の上に若干ごみがまざっている土砂もありましたので、両方を採取しました。土砂Aに関しては、非常に均一粒度で、少し夾雑物が入っていますが、スケルトンのようなもので処理してあげれば十分に復興資材として使えそうな土砂でした。

土砂Bに関しては、若干木くずや瓦れき等の混

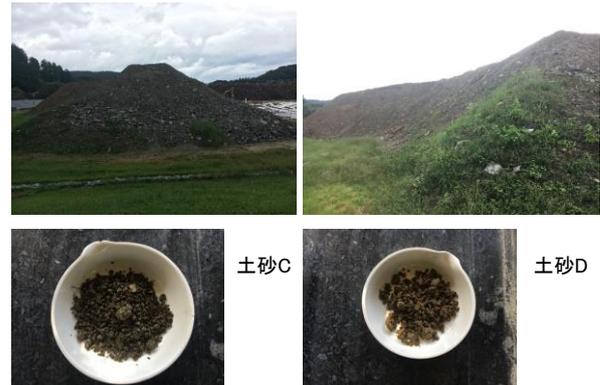
## 7.5 災害発生土(土砂)の有効利用に関する調査

### ① 浮羽市1次仮置き場



入が見られました。この仮置き場では、その他に処分する場所がないことから、悪い状態の土砂を良い土砂の上に載せてしまっており、このままの状態だと瓦礫が混ざってしまう状態でした。それでも、高度選別処理を施せば十分に有効に使えると思います。

### ② 朝倉市水の文化村 1次仮置き場



あまぎ水の文化村の仮置き場は、国と県と市の自治体がそれぞれ発生土を搬入しており、今回は県の分のみを調査しました。ここの土砂も木くずやベニヤ板等が少し混入していましたが、高度選別処理をやれば使えると思います。

今回の災害発生土砂は、土砂の性状によってうまく回収・分別してあげれば、有効利用できるというのが、今回の調査から分かりました。

一方、流木は今回約21万m<sup>3</sup>と膨大な量が発出しました。福岡県は発災直後にその処理方法を決め、約11万トンが火力発電に使用されました。九州にはたくさんのバイオマス発電所があります。そこの燃料、それからセメントの原料だったり、あとは焼却、パーティクルボードみたいなものに転換されるという計画が立てられ、流木処理はうまくいったと聞いてます。

また、今回しっかりと自治体の協力体制が

取られた関係で、周りの自治体がごみ処理を手伝ってくれています。このような協力体制について日ごろから連携協議が行われていると、災害が起きたときに非常に役に立つと思います。

## まとめ

北部豪雨のまとめをすると、仮置場に関しては、当初しっかり体制はとられたのだけれども、面積不足や人員不足の関係で交通渋滞が発生してしまいました。

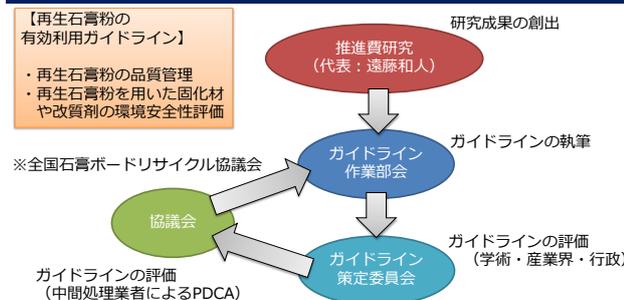
それから、発生土砂の有効利用では、あまぎ水の文化村に発生土を搬入し、保管はできていましたが、収集・集積された土砂は、ここが朝倉市、ここが福岡県、ここは国ですといったように、分別が行われていました。自治体が縦割りなのは、仕方がないことですが、うまく横の協力体制をとると、中間処理の場所の確保と回収・分別処理が円滑に進み、ワンストップで全ての発生土砂が処理できるのではないかと思います。処理の費用が自治体の負担になってくるのでなかなか難しいところはありますが、災害のときだからこそ協定をしっかりと結ぶことで、効率の良い廃棄物処理がうまくいくのではないかと思います。

さらに、自治体の枠を超えて次の災害に備えるマニュアルづくりが重要であるということです。

## 再生石膏粉の有効利用ガイドライン

今回の災害でもかなり多くの廃石膏ボードが出ています。また、今後福岡の天神ビッグバンにより多くの建物の改築と再開発で沢山の廃石膏ボードが出てくる予定です。この石膏ボードは、安定型処分場にそのまま捨てられていました。しかし、処分場にて硫化水素が発生し、現在は、ボード紙と石膏を分別するよう行政指導がとられています。石膏ボードの中心部は石膏なので、そ

### 科学的な検討を深めるため



※平成30年度までは、推進費研究でガイドラインを作成する。しかし、このガイドラインは規制ではないため、再生石膏処理業者が主体となって作成するものである。そのため、次年度からは協議会が管理する(案)。

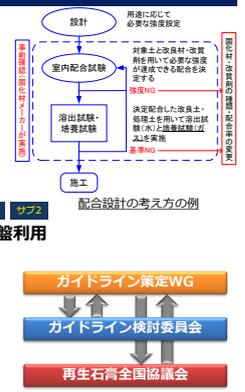
の石膏を有効利用できないかという取り組みが行われています。廃石膏ボードの発生量は、近い将来年間 200 万トンを超えと言われています。

このような現状の中、廃石膏ボードを紙と再生二水石膏に分ける中間処理施設が全国各地に建設され稼働し、再生石膏が生産・出荷されています。再生石膏をうまく土壌改良材等の各資材に有効利用にすることによって廃石膏ボードが悪者にならないのではないかと考えて、現在廃石膏ボードのガイドラインを策定しています。

## 最終成果 (目次)

### 「再生石膏粉の有効利用ガイドライン」

- 第1章 総説 サブ4 サブ5  
マテリアルフローや適用範囲、用語の定義に加え、利用イメージ等を記す
- 第2章 再生石膏粉の基本的性質 全紙  
再生石膏粉や固化材・改質剤の製造方法、保管時の留意事項等を記す
- 第3章 再生石膏粉の品質検査 サブ3  
用途別の品質評価項目の整理、検査方法、検査の運用方法などを記す
- 第4章 再生石膏粉を用いた固化材・改質剤の地盤利用  
配合試験フロー、強度、溶出量、pH、H<sub>2</sub>Sガスの検査方法とその運用方法、施工管理について記す
- 第5章 その他分野への適用と展望 サブ4  
農業利用、畜産利用、濁水対策、除塩等の地盤以外の分野に向けた展望を記す
- 第6章 管理票の例示  
品質検査結果の運用時における管理票の例を記す



2018.09.07 86 遠藤和人 国立環境研究所

ここに示すように、ガイドラインの策定には、ガイドライン作業部会とガイドライン策定委員会と2つあり、部会と委員会の両方の委員長を私が務めております。また、全国石膏ボードリサイクル協議会という全国組織があります。そこで、実際に中間処理を行っている方々の意見を聞きながらガイドラインを製作しています。

昨年1年間でガイドラインをつくりまして、試行版ができ上がっています。現在、色々な方々に試行版を見て頂きながら、いろいろな機会でご宣伝し、委員会の中でブラッシュアップをしているところです。

廃石膏ボードは、2047年には年間300万トンを超えと言われており、新材に関しては、再び石膏ボードに戻っています。しかし、解体系は、ほとんどリサイクルが進んでおらず、最終処分あるいは、どこに行っているかわからないという状態です。

もし、今後排出量が350万トン出るとしたら、110万トンほどしか有効に使われていないこととなります。残りは、行き先がわからない状況となります。今後、排出量と有効利用量を一緒にするために、少しでも固化材への活用や品質の良い再

## 特集

生石膏をつくりボード会社にもう一回ボードに使ってもらえるようにしたいと考えています。そこで、ガイドラインの整備を続けているところです。

また、廃石膏ボードを建設リサイクル法の特定資材に追加すれば、さらに廃石膏ボードのリサイクルが進んでいきます。最終的には、廃石膏ボードが有効利用されていくようなガイドラインをつくることにより、中間処理施設から品質の良い再生石膏が製造され、それがさらに固化材やセメントに使われることによって経済効果も起きると考えています。

今回ガイドラインの宣伝になりましたが、廃石膏ボードの有効利用の今後の動きについてもよろしくをお願いします。

### **おわりに**

最後になりますが、地盤工学会は東日本大震災を受けて、災害廃棄物を有効利用し、復興資材に使って頂けるようガイドラインを取りまとめております。これは地盤工学会のホームページからダウンロード可能ですので、ぜひお役立ていただければと思います。

## 最近の建設リサイクルの現状について

直原 史明

国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 環境・リサイクル企画室長

キーワード：再資源化率、建設リサイクル推進計画、建設副産物物流、マッチング

### 1. 建設リサイクルの現状

最近の建設リサイクルの現状について、まずは建設廃棄物の排出量と最終処分量を示す(図1)と、産業廃棄物の約2割が建設廃棄物で、最終処分量の中でも4分の1以上を占めている状況にある。

図2は、国土交通省が概ね5年に1回調査を実施している建設副産物の品目ごとの再資源化率・縮減率の推移を示したグラフである。一番左が平成7年(1995年)のものであるが、その当時、例えば建設木材は40%、建設発生土は32%ほどであったものが上昇し、最新のデータ(平成24年度)では、ほとんどの品目で90%、85%となっている。

### 2. 建設リサイクル推進計画2014の概要

平成24年に「建設リサイクル推進計画2014」を策定し、平成30年度の達成目標を定めている。

推進計画2014には、重点施策として7項目を掲げ、取組みを進めている(図3)。

1点目は、「建設副産物物流モニタリングの強化」。どこからどのく

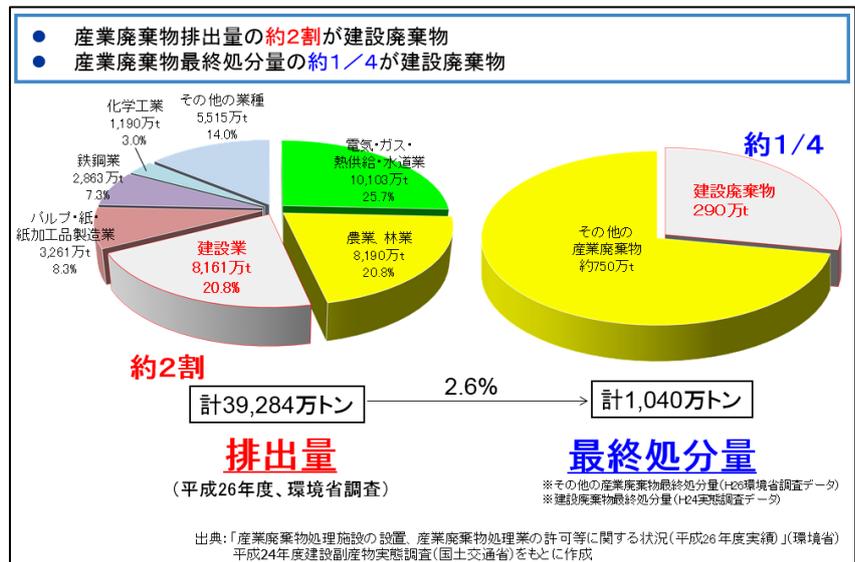


図1 建設廃棄物の排出量と最終処分量

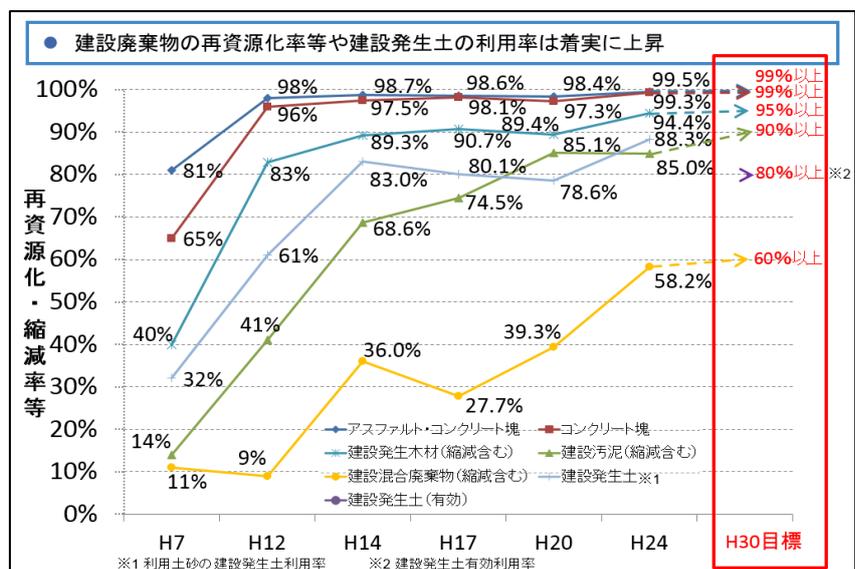


図2 建設副産物の品目別の再資源化率

**新たに取り組むべき重点施策(7項目)**

- (1) 建設副産物物流のモニタリング強化
- (2) 地域固有の課題解決の促進
- (3) 他の環境政策との統合的展開への理解促進
- (4) 工事前段階における発生抑制の検討促進
- (5) 現場分別・施設搬出の徹底による再資源化・縮減の促進
- (6) 建設工事における再生資材の利用促進
- (7) 建設発生土の有効利用・適正処理の促進強化

**引き続き取り組むべき施策(10項目)**

- (1) 情報管理と物流管理、(2) 関係者の連携強化、(3) 理解と参画の推進、
- (4) 建設リサイクル市場の育成、(5) 技術開発等の推進、(6) 発生抑制、
- (7) 現場分別、(8) 再資源化・縮減、(9) 適正処理、(10) 再使用・再生資材の利用

図3 「建設リサイクル推進計画2014」の概要

らい発生してどこへ持ち込まれているかを詳細に把握することで建設リサイクルの課題解決の糸口がつかめるのではないかと考えている。

2点目は、「地域固有の課題解決の促進」。例えば、建物の解体が多い地域では、再生砕石が余るというような現状があるため、そうした課題に対応するものである。

3点目は、「他の環境政策との統合的展開への理解促進」。特にこの当時、世間の関心が強かったバイオマス、再生利用が困難な建設発生木材を熱エネルギーとして活用することと建設リサイクルの進め方を両立出来るよう考えられたものである。

4点目は、「工事前段階における発生抑制の検討促進」。工事段階ではなく、設計の段階からの建設リサイクルの考え方の採用により、発生抑制の検討を考えるべきというもの。

5点目は、「現場分別・施設搬出の徹底による再資源化・縮減の促進」。現場での分別が十分に行われず建設混合廃棄物として搬出されているものや、直接最終処分場に搬出されているものについて、現場分別や施設搬出の徹底を行うもの。

6点目は、「建設工事における再生資材の利用促進」。建設工事で出た再生資源をより利用促進するにはどうしたらよいか、ということを考えている。

7点目は、「建設発生土の有効利用・適正処理の促進」。広く建設発生土の問題を解決できないかというテーマである。

これらの施策の一部について、具体的な取り組み事例を紹介する。建設混合廃棄物については、重点施策5点目の現場分別、施設搬出の徹底を行うという取り組みであり、ご当地である九州地方で取

**<建設混合廃棄物の排出量削減に関する更なる対応策の検討>**

**【取組と成果】**

- 現場分別マニュアル、現場分別啓発用ポスターを九州地整で作成。ポスターの協議会構成機関への周知、九州地整HPへの掲載。
- 各種取組により、建設混合廃棄物の再資源化・縮減率 66.4%(目標値 50%以上) 建設混合廃棄物の排出率 0.3%(目標値 2.5%以下)

**【現場分別啓発用ポスターの作成】**

before

after

図4 建設混合廃棄物の排出量削減に関する更なる対応策の検討

組んでいただいたものである(図4)。例えば、現場分別ポスターを作成しての啓発活動や今まで分別せずに混ざったままの状態で廃棄していたものを現場においてわかりやすく案内し、プラスチックはここに入れ、金属はここに入れる、といった分別を守っていただくという取組み。九州で先行的に実施され、今では、全国に広まっているという段階になっている。

次は建設副産物物流(図5、6)。去る9月20日の新聞に一面で載ったものであるが、建設廃棄物を排出すると発行する必要があるmanifestは、近年、電子化が進められている。それを使えば、どこからどこへどれくらいの量を出しているということが電子データとして把握することが可能になる。これまで建設リサイクルの世界では、副産物物流を把握するものとして建設副産物情報交換システム(COBRIS)を使用してきたが、manifest、COBRIS双方に入力するのは2度手間になって非効率。働き方改革への貢献のため

**<建設副産物情報交換システムと電子manifestとの連携>**

**建設副産物 登録作業を効率化**

入力項目削減・集計不要

2、3年めどに運用 働き方改革に貢献

国土省・環境省がシステム連携

**建設通信新聞**

H30.9.20  
建設通信新聞(1面)

図5 建設副産物物流のモニタリング強化

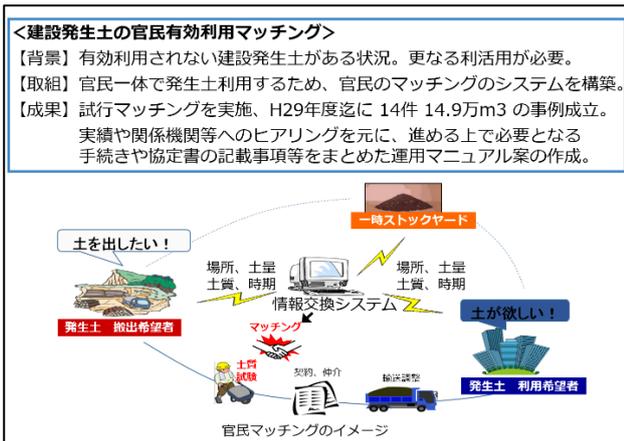


図6 建設発生土の官民有効利用マッチング

にも、電子 manifests と COBRIS でデータを相互活用できるような仕組みづくりに現在取り組んでいる。電子 manifests は環境省の所掌であるため、環境省と国土交通省が協力して進めている。2、3年後には実用化できるようにしたい。

続いては、7点目の建設発生土の有効利用。建設発生土を出したい工事現場と建設発生土が欲しい工事現場の情報（時期や土質情報等）を集約し、双方の現場をマッチングしようという取り組みである。

これまでに、官と官、国や地方自治体などの事業である場合はマッチングが行われているが、これからは民間の工事についてもマッチング相手を広げ、より円滑な建設発生土の流通ができることを目指しているもの。平成 29 年度まで試行を行い、14 件 14.9 万 m<sup>3</sup>での事案が成立している。

ここで、皆さんにも是非お願いしたいのが、この官民マッチングの HP (図 7) をご覧いただき、出来れば登録いただければということ。HP を開いていただくと参加登録、利用手続きなどのご案内



図7 官民マッチングのHP

内があるので、一度お試しいただけると幸いです。

### 3. 建設発生土の取扱いに関する参考資料

次は、土砂の不法投棄事案の対応についてである。土砂の不法投棄が原因でがけ崩れを起こし、近隣の方が困っているという事例が見られる。ここでは、土砂の不法投棄が発生しないための3つのポイントを掲げている(図8)。

**<土砂の不法投棄事案の対応について(案)>**

1. 問題の土砂が、がれき類や廃木材などが混じった土砂(廃棄物混じり土)であるか否かをいち早く現地確認することが重要である。
2. もし、廃棄物混じり土である場合には、廃棄物処理法に基づいた指導、監督、処分等を行う可能性が高い。
3. 土砂の不法投棄事案への対応には、「建設発生土の取扱いに関わる実務担当者のための参考資料」(平成29年8月国土交通省)も参考となる。

**<建設工事で発生した土砂(イメージ)>**

図8 土砂の不法投棄事案の対応について(案)

1つ目は、問題の土砂が出てきた時に瓦礫類、木材などが混じっているか、いないかをまず確認してほしいということ。廃棄物混じり土である場合は、きちんと地方自治体の環境部局の指導を受けて取り扱うようお願いする。

2つ目は、もし廃棄物混じり土であったときは、廃棄物処理法に基づいて処理、監督、指導、処分して欲しいということ。

3つ目は、平成 29 年 8 月に作成した「建設発生土の取扱いに関わる実務担当者のための参考資料」(図 9) についてである。

**<建設発生土の取扱いに関わる実務担当者のための参考資料>**

- 平成29年8月29日に発出
  - ・各地方整備局等
  - ・都道府県
  - ・政令市
  - ・市町村(都道府県経由)
- 国土交通省のホームページに掲載
  - ⇒総合政策
  - ⇒建設リサイクル
  - ⇒通達・基準・マニュアル等

【HPアドレス】  
[http://www.mlit.go.jp/sogo/seisaku/region/recycle/d03project/index\\_0305manual.htm](http://www.mlit.go.jp/sogo/seisaku/region/recycle/d03project/index_0305manual.htm)

図9 建設発生土の取扱いに関わる実務担当者のための参考資料

参考資料をご覧いただければ、土砂の不法投棄があったときどうするか、の判断材料がわかるようになっている。投棄された土砂には、汚染土もあれば廃棄物混じり土、また建設副産物として有効利用すべき建設発生土の区別があり、取扱いはそれぞれ違う。まず、崩落の危険性を認識することが大事であり、続けて、早期に違反を発見すること、1つの部局だけではなく土木部局、環境部局、警察などの関係機関の連携が大切になる。他にも、有効利用する、土砂条例を自治体で設けるといった選択肢も示しているので参考にしていきたい。

現行の建設リサイクル推進計画は今年度末で終わりとなるが、次期計画についてはこんなことを考えている（図10）。

## 1. 生産性革命、働き方改革

- AI ⇒ 中間処理施設など
- ビックデータ ⇒ COBRIS、電子マニフェストなど
- ドローン ⇒ 建り法パトロールなど

## 2. 維持管理・更新時代

- 現在とどうかわるのか？
- 多量に排出される品目、量、品質は？

## 3. リサイクル原則化ルール

- 工事現場からの搬出50kmルールなどは適切か？

## 4. 再生資材の利用の推進

- Co殻、As殻の再資源化率は99%  
⇒現場での利用状況に関する新たな指標

図10 建設リサイクル分野における新たな検討項目（案）

1つは、生産性革命、働き方改革、AI、ビッグデータ、ドローンなどを使った、新技術を活用した建設リサイクルを進めていきたいということ。

もう1つは、今まで新設・改築で進めてきた時代と違い、今後、到来する維持管理・更新が本格化する時代での建設リサイクルとはどのようなものかを将来を予想しながら対応するというもの。副産物の種類や量が違ってくるのではないかと考えられ、それに対応した建設リサイクル推進計画にする必要がある。

また、今のリサイクル原則化ルールでは、工事現場からの搬出は50km以内が原則となっているが、ルールを作成してから既に30年近く経っており、この50kmが今後においても適切なのか、当時と比べ、これだけ全国の高速度道路網も伸びてきたということや、処分場の数が減ってきている現状もある。こうした事情も踏まえ、そのあり方を検討することも必要と考えている。

最後は、再生資材の利用促進についてである。再資源化率が99%となっているとはいえ、建設リサイクルを取り巻く課題はまだまだ解決できていない。新しい目標を立てる際、再資源化率だけを追いかけるのではなく、別の指標で建設リサイクルを考える必要があるのではないかと考えている。

## 自然環境や景観を保全する地山補強土工法 ユニットネット工法

寺岡 克己  
株式会社ダイカ 商事営業部長

キーワード：斜面安定、補強土、自然環境、景観、環境負荷

### I. はじめに

近年我が国では、台風や長雨による豪雨災害が頻発しており、気象庁による名称が定められたものだけでも、平成30年7月豪雨、平成29年7月九州北部豪雨（写真-1）、平成27年9月関東・東北豪雨、平成26年8月豪雨など、毎年のように大規模な災害が発生している。これらの豪雨災害では、斜面崩壊や土石流の発生によって多数の人命や財産が失われており、経済的な損失も甚大なものとなっている。

また、地球温暖化等の環境問題に対する観点から、自然環境の保全に対する要求が高まっており、これに関連して、建設工事に際して環境負荷の低減が求められるようになってきている。

### II. 従来の斜面对策工法とその問題点

不安定な斜面あるいはすでに崩壊した斜面を安定化させるために用いられる工法としては、主として「法枠工（ロックボルト工）」や「切土整形工」が挙げられる。これらの工法では、切土整形工では既存樹木を伐採して切土整形を行い（写真-2）、法枠工では既存樹木の伐採と若干の切土整形を伴い、最終的にはコンクリート構造物で斜面を覆うことになる（写真-3）。

従来工法の問題点を整理すると図-1のようになる。つまり従来工法では、自然環境



写真-1 平成29年7月九州北部豪雨  
（福岡県朝倉市杷木地区）

や景観に与える影響が大きく、また伐採木等の大量の廃棄物や建設残土が発生することになる。したがって環境負荷の低減と云う観点からは、極力既存樹木の伐採や切土整形を行わず、自然環境や景観を保護できる斜面对策工法が望ましい。

ユニットネット工法は、環境負荷の低減と斜面の補強の両立を目指して開発された地山補強土工法であり、地表面を覆う法面工としてユニットネットと呼ばれる網状の構造を用いることによって、既存の樹木を伐採せずに、自然環境や景観を保全しながら不安定な斜面の補強することが可能である。



写真-2 切土整形工（施工前後の比較写真）



写真-3 法枠工（施工前後の比較写真）

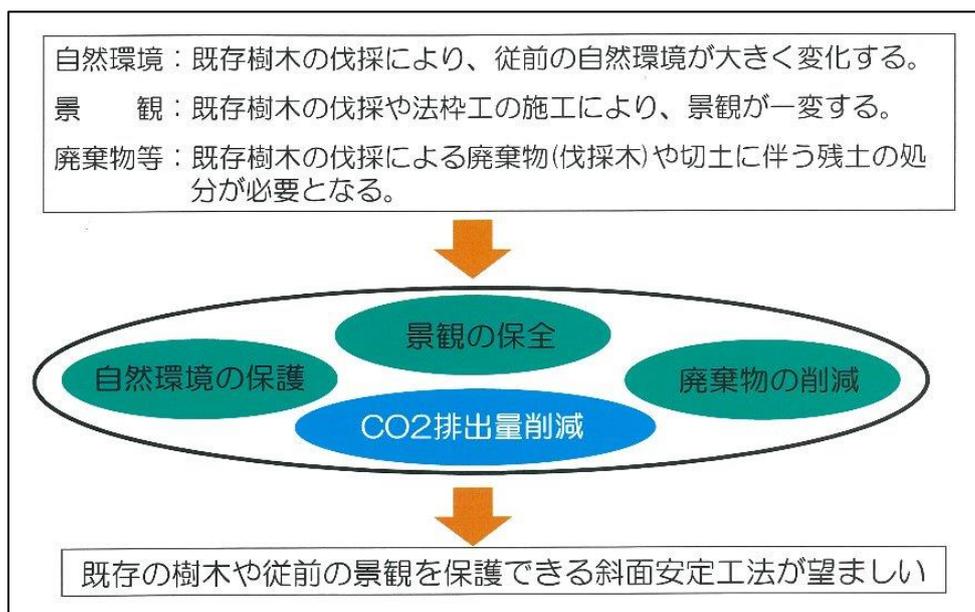


図-1 従来工法の問題点

## Ⅲ. ユニットネット工法

### 1. 構造概要

ユニットネット工法の基本的な構造は、対象となる斜面全体を覆うユニットネットとその交点に打設された補強材、および補強材頭部の支圧板からなる。補強材の打設間隔は縦横 2.0m を標準とし、配置形状は土塊の中抜けなどを考慮して千鳥配置を標準とする。(図-2、図-3)

ユニットネットは、鋼より線(φ6mm、φ7.8mm)に曲げ加工を施し1辺約50cmの正方形に成型したもので、4辺のうち1辺には開閉式のジョイントを備えている(図-4)。これを隅角部で交差・連結させて全体として網状の構造を形成する。鋼より線の表面処理は、耐腐食性を高めるために亜鉛アルミ合金メッキ処理を施している。補強材はネジ節異形棒鋼(SD345)を標準とし、補強材径は施工時のたわみなどを考慮してD19以上を用いるものとする。支圧板の大きさや形状は、φ300mm以上の円形とし、材質はSS400及びこれと同等以上の機械的性質を有し、ユニットネットと補強材を結合できる構造となっている。

### 2. 特徴

- ユニットネットが網状の開放型法面工を形成するため、既存樹木を伐採する必要がなく、また一部を除いて地表面を整形する必要もないため、結果的に廃棄物(伐採木)や建設発生土の削減を図ることができる。(写真-4)
- 軽量機械による人力施工を基本としている



写真-4 施工現場状況写真



図-2 概略図

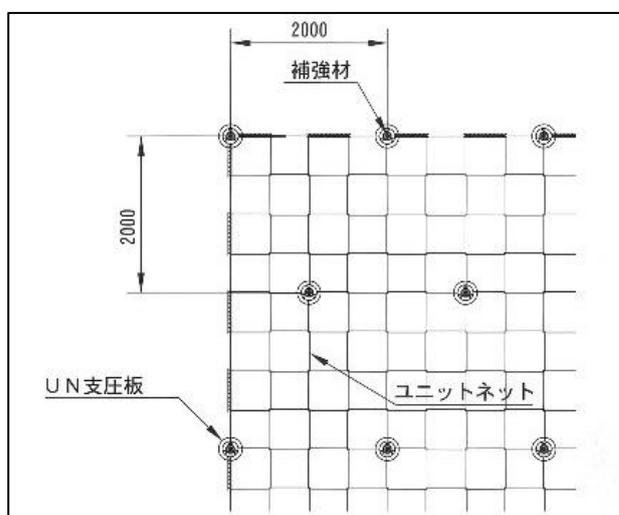


図-3 標準展開図

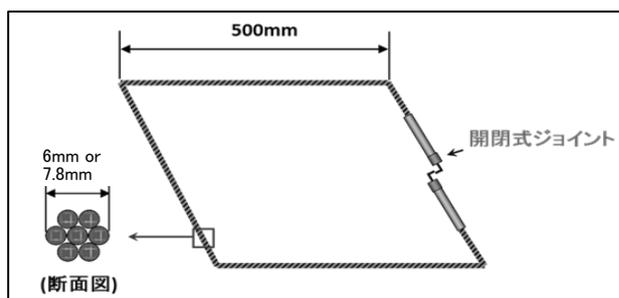


図-4 ユニットネット

るため、足場などの仮設が不要である。

- 設計方法は、「切土補強土工法設計・施工要領：NEXCO」に準じており、設計手法の信頼性が高い。
- 国土交通省の新技术情報提供システム (NETIS) において、有用な新技术 (設計比較対象技術) と評価されている (KK-010068-V：平成 29 年 4 月掲載終了)。

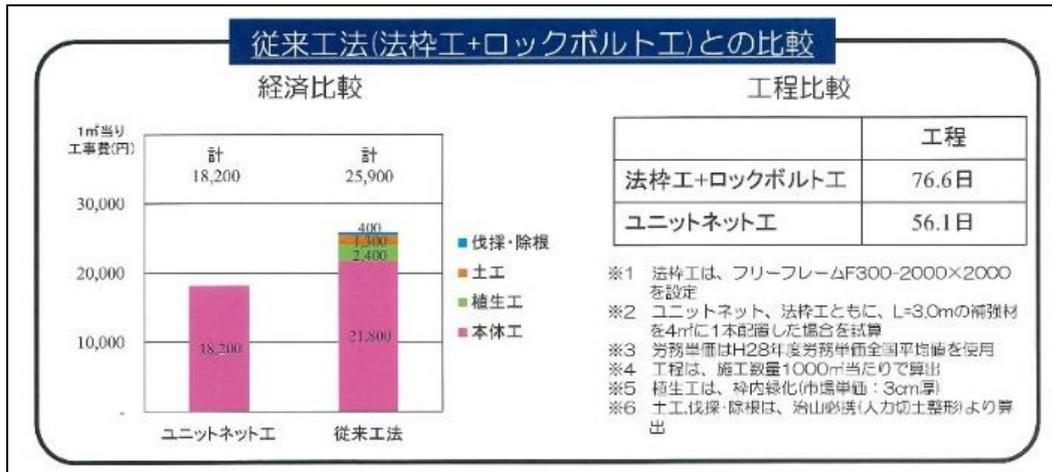


図-5 従来工法との比較



写真-5 熊野古道沿いの施工事例



写真-6 奈良県明日香村甘檜丘地区の施工事例

3. 従来工法との比較 (コスト、工期)

ユニットネット工法では、従来工法(法枠工+ロックボルト工)と比較して、以下のような特徴を有していることから、コストの縮減と工期の短縮を図ることができる(図-5)。

- ・軽量の工場生産材の使用によって、現場作業の軽減と工程の簡素化が図れる。
- ・仮施設の設置のためのコストと工期を縮減できる。
- ・廃棄物がほとんど発生しないため、処分費用を軽減できる。

4. 施工実績

これまでの施工実績のなかで特徴的なものを写真に示す。

写真-5 は世界遺産熊野古道沿いの自然斜面における施工事例で、既存の立木を1本も伐採せずに施工している。写真-6 は奈

良県明日香村甘檜丘地区内の斜面における施工事例で、立木を伐採せずさらに植生基材吹付工を併用して部材をほとんど目立たなくしている。これらの施工事例より、ユニットネット工法が自然環境の保護と景観の保全、さらに廃棄物の排出削減にも非常に効果的であることが確認できる。

表-1 にこれまでの施工実績の概要を示す。

表-1 施工実績表

|    |       | 件数  | 面積(㎡)   |
|----|-------|-----|---------|
| 国  | 国土交通省 | 28  | 37,058  |
|    | その他   | 13  | 11,188  |
| 地方 | 都道府県  | 437 | 339,694 |
|    | 市町村   | 76  | 32,932  |
| 民間 |       | 33  | 14,490  |
| 合計 |       | 587 | 435,362 |

平成30年3月末現在



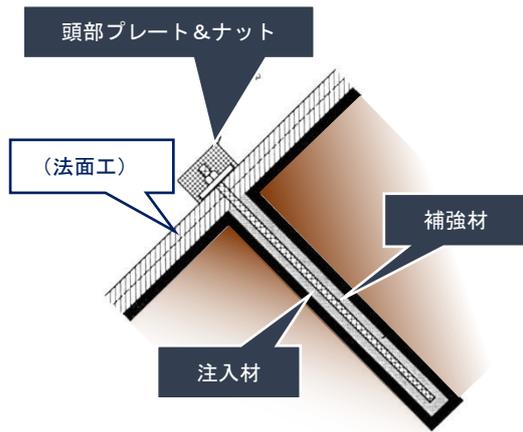


図-1 一般的な地山補強土の構造

一般的な地山補強土の法面工は、モルタル吹付や現場打ち法枠が多く使われている。

PAN WALL 工法では、写真-1、3、図-2 に示すようにプレキャストコンクリートパネル（以下、パネルと略す）で切土面を全面被覆する。

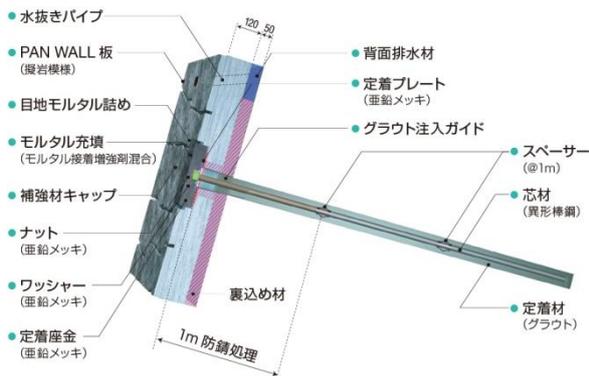


図-2 PAN WALL 工法  
(標準勾配 1 : 0.3 の構造図)



写真-3 PAN WALL 工法のパネル

### 3. 施工手順

従来のブロック積み擁壁や石積擁壁は積み上げながら造られる。こうした下から上に向かって造る施工方法を「順巻き施工」と言う。

PAN WALL 工法はその反対で、上から下に向かって施工する「逆巻き施工」である。図-3 に施工手順を以下に示す。



図-3 標準勾配 1 : 0.3 の施工手順

Step1 : 道路拡幅するために山を切り取る工事を想定する。

Step2 : 最上段となる地山をパネル 1 枚分 (約 1.2m) 掘削する。

Step3 : パネルは専用吊金具を使って据え付ける。

Step4 : ローターパーカッション二重管方式で地山を削孔し、グラウト注入と補強材の挿入を行う。補強材をパネルに定着しキャップを設置する。

Step5 : 2 段目以降の施工は、完成した法面の下を約 1.2m 掘削する。

Step6 : パネルを上段に引っ掛けるように設置した後に Step4 を行う。

それ以降の施工は、Step5→6→4 を繰り返し、上から下に向かって施工をする。

「逆巻き施工」は、構造物掘削がほとんど発生しない。図-4 のように上部に家屋や道路などの移設することが難しい構造物や境界がある場合の急勾配掘削にメリットを発揮する。



図-4 逆巻き施工のメリット

## 4. 掘削残土を低減する使い方

垂直勾配で施工すると、図-5 に示すように最も掘削残土を減らすことができる。以下に、一般的な勾配の 5 分勾配斜面と比較した場合のメリットを挙げる。

- ① 改変面積が減り、環境に優しい。
- ② 掘削残土を低減できる。
- ③ パネル等の材料が減る。
- ④ 土工や材料が減るので、全体の作業量が減る。
- ⑤ 工期が短くなり経済的である。

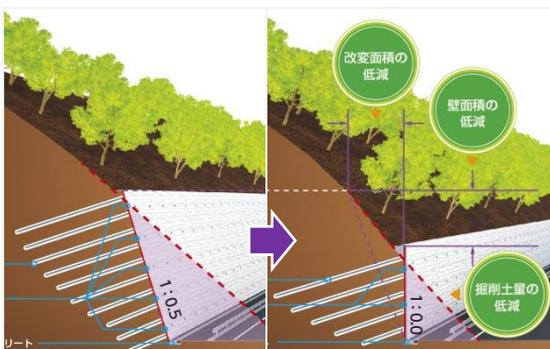


図-5 垂直勾配のメリット

## 【施工事例】 熊本県内

### 概要

- ・幅員 5m の狭い道路を山側へ 1.5m 拡幅する工事。
- ・現況地山は、写真-4、図-6 に示すように 5 分勾配の急傾斜地であった。

### 問題点

- ・擁壁等を施工しようとする、急傾斜のため大規模な構造物掘削を伴う。
- ・計画斜面のすぐ上に境界が有る。

### 採用理由

- ・当現場は 3 分勾配の法面でも境界を侵すため、垂直勾配の壁面を築造できて、構造物掘削が最小限となる工法が必要であった。

### 留意事項

- ・補強材は越境しているが、越境に対する考え方は発注者で異なるため、留意する必要がある。



写真-4 掘削残土を低減する施工事例

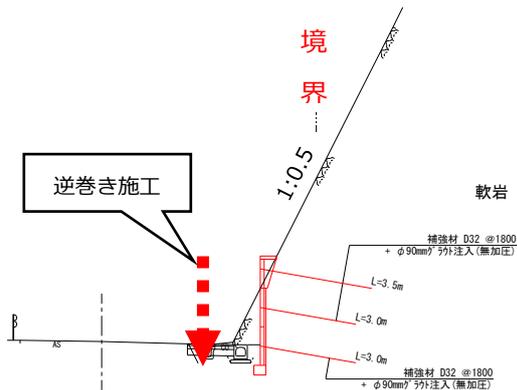


図-6 山側への拡幅工事例の横断面図

## 5. 産業廃棄物の発生を抑制する使い方

豪雨や地震により変状・老朽化した擁壁が全国に存在する。これらの擁壁の上部には家屋や道路だけでなく、神社やお墓が近接していることがあり、擁壁を再構築することが困難な場合が多い。

PAN WALL 工法は、既設の擁壁を取り壊さず、写真-5 に示すようにパネルを上から被せた後に補強材を打設し、擁壁の機能を強化して回復させることが可能である。

以下に、一般的な擁壁を再構築する場合と比較し、PAN WALL 工法で施工した場合のメリットを挙げる。

- ① 既設擁壁（コンクリート構造物）を取り壊さないから産業廃棄物の発生を抑制できる。
- ② 上部道路の規制や家屋を移設しなくても施工が可能。
- ③ 施工中の土砂崩壊の危険性が極めて低い。

### 【施工事例】福島県内

#### 概要

- ・東北地方太平洋沖地震によりブロック積み擁壁が変状し、その擁壁の更新工事であった。
- ・擁壁上部に高速道路がある。

#### 問題点

- ・上部の高速道路の規制はできない。
- ・盛土のため、掘削すると崩壊の危険性が

高い。

#### 採用理由

- ・擁壁を取り壊さないため産業廃棄物の発生が少ない。
- ・構造物掘削をしないため上部道路の交通規制が必要ない。

#### 留意事項

- ・上部に構造物がある場合は、補強材が干渉しないかの確認が必要である。
- ・ライフラインの位置の確認が重要である。



写真-5 産業廃棄物の発生を抑制する施工事例（パネル設置状況）

## 6. おわりに

PAN WALL 工法採用の効果は、掘削残土や産業廃棄物の低減だけではない。全国に約750箇所の施工実績があり、「東北地方太平洋沖地震」や「平成29年7月九州北部豪雨」の被災地内にも多数ある。どれも異常はなく健全であり、地震や豪雨に強いことが証明されている。「平成29年7月九州北部豪雨」被災跡の一例を写真-6 に示す。

これらの利点を活かし、防災・減災技術としても、広く社会に貢献していきたいと考える。



写真-6 平成29年7月九州北部豪雨跡

## 回転式破碎混合工法による 建設発生土リサイクル技術について

新井 英夫

日本基礎技術株式会社 技術本部 工事部 課長  
(回転式破碎混合工法研究会会員)

キーワード：回転式破碎混合工法、建設発生土、リサイクル、築堤盛土材、改良土製造

### 1. はじめに

従来、築堤盛土を造成する場合、河道掘削土等の建設発生土は有償処分し、基準に適合した土質材料を購入して築堤盛土等に利用していた。しかし、建設発生土の処分費用と材料購入費用を合わせた工事費用は高価であり、残土処分場も少なくなっている為、現在では、安価で高品質な築堤盛土材を製造する建設発生土リサイクル技術が求められている。

本報では、建設発生土の有効利用を目的に開発された「回転式破碎混合工法による建設発生土リサイクル技術 (KT-090048-VE)」について、その特徴と施工事例について紹介する。本技術は、平成 28 年度に準推奨技術 (新技术活用システム検討会議〈国土交通省〉)、平成 29 年度には、活用促進技術 (新技术活用評価会議〈東北地方整備局〉) に選定されている。

### 2. 概要

図-1 に回転式破碎混合工法 (以下、「本工法」と称する。) の攪拌混合機構の概要を示す。

本工法は、軟岩や風化岩、礫質土から粘性土、廃棄物混じり土等の幅広い地盤材料を、円筒内で高速回転する複数本のフレキシブルなチェーン(インパクトチェーン)の打撃力で、性状の異なる地盤材料の破碎(細粒化・解砕)と混合を同時に行うとともに、

添加材料を均一に分散させ、良質な混合が出来る技術であり、従来では有償処分していた建設発生土(粘性土や軟岩)を改良し再利用する事で、安価で高品質な浸透に強い築堤土や盛土材を製造する事が出来る。

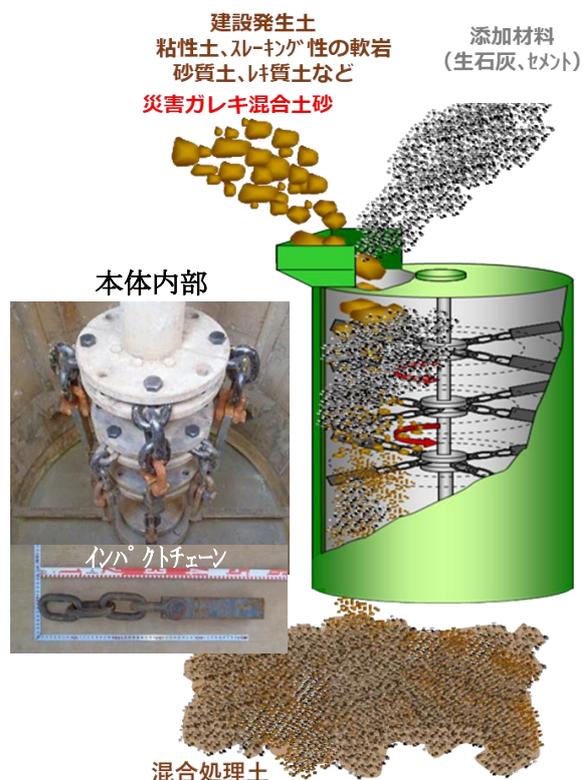


図-1 攪拌混合機構概要

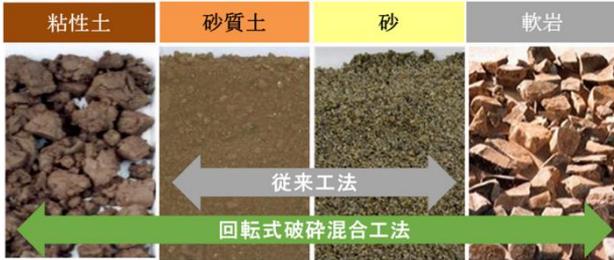
### 3. 特徴

本工法は、以下の特徴がある。

①適用土質が広い

# 特集

図-2 に本工法の適用土質範囲を示す。従来工法と比較して、土質の適用範囲が広い為、幅広い性状の建設発生土の有効利用が可能である。



土質適用範囲を拡大  
図-2 土質適用範囲

## ②高含水比粘性土との均質混合

チェーンの打撃により塊状の粘性土が解きほぐされ、砂質土との混合性が向上して、均質な混合が可能である。

下図-3 示すように、従来工法で粘土塊と砂質土を攪拌混合した場合、粘土塊は塊状のまま混合され不均質な改良となるが多かった。一方、本工法の場合は、塊状の粘土塊をチェーンの打撃力で解きほぐし、細粒化すると同時に、砂質土と均質に混合する為、高品質の改良土の製造が可能である。

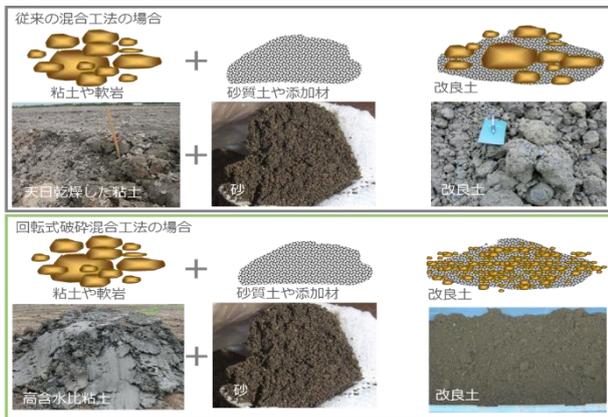


図-3 高含水比粘性土の改良イメージ

## ③破碎と混合が1つの機構

例えば、軟岩を利用し改良土とする場合は、破碎機で破碎を行い、混合機で改良を行うという2つの工程が必要であった。しかし、本工法は図-4 に示すように、破碎と混合が1つの機構の為、1つの工程により、破碎と混合が同時に出来る。

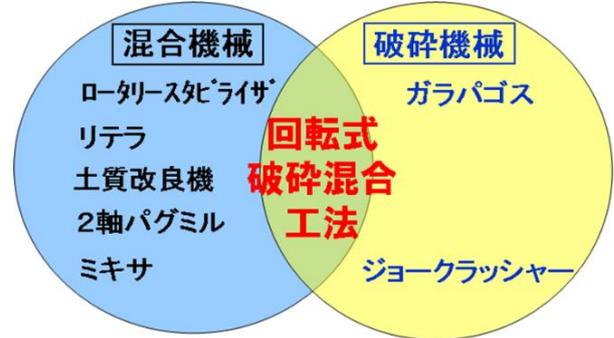


図-4 回転式破碎混合工法機能イメージ図

## ④粒度調整が可能

図-5 に示すように、軟岩を破碎する場合、チェーンの回転数を変化させることで、様々な粒度分布に調整する事が可能である。

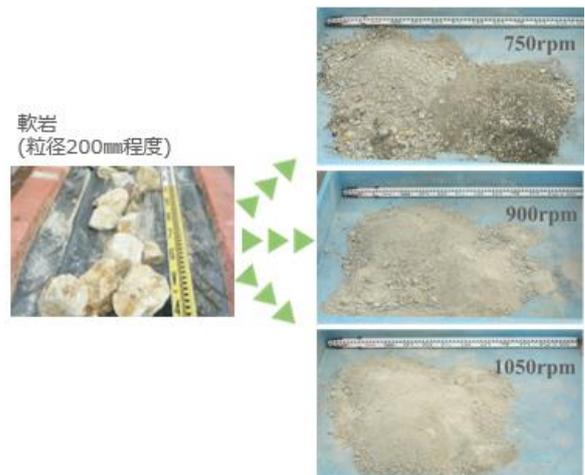


図-5 軟岩の破碎状況

## ⑤草根ゴミを含んだ粘性土から改良土製造と分別が可能

河道掘削で発生する粘性土に、木片・地下茎や一般ごみ等が混入している場合は、そのままでは再利用が出来ない。また、選別機で粘性土と廃棄物を分別する場合、粘性土が振動により団粒化する事と、粘性土と廃棄物が分離しないといった事から、分別効率が低下する。

一方、本工法では、チェーンの打撃力による払落し効果により、廃棄物と粘性土を分離させる為、分別効果が向上する。

また、本工法は、分別前の発生土から改良土製造と、草根ゴミ等の分別が1つの機械の1つの工程で実施する事が出来る。

このように本工法は、含水比や粒度の適

# 特集

用土質範囲が広く、均質な攪拌混合が可能  
な為、幅広い建設発生土の有効利用が可能  
であり、様々な要求品質に対応可能な工法  
である。

## 4. 施工事例

### 1) 高含水比粘性土の改良

ある河川事業において、従来、高含水比  
粘性土を1年間ばっ気乾燥したのちに、砂  
質土を混合して粒度調整を行い、品質を確  
保した改良土を築堤盛土材として利用して  
いた。

その事業において、本格工事に備えた施  
工の効率化を図る事を目的とし、本工法の  
粘性土の解きほぐし効果と、砂質土の均質  
混合によるばっ気乾燥促進効果を期待した  
施工事例を紹介する（写真-1）。



写真-1 高含水比粘性土の改良事例

本事業では、自然含水比  $w_n=50\sim 120\%$   
の掘削直後の粘性土に砂質土を混合し、1  
～2週間程度仮置きしてばっ気乾燥を行っ  
た。その結果、コーン指数 $\geq 400\text{kN/m}^2$ のト  
ラフィカビリティを満足する品質が得られ  
たことから、ばっ気乾燥促進効果による仮

置期間の短縮が期待できる効率的な施工法  
として、適用性が確認された。

### 2) 軟岩破碎混合による改良

災害により発生した土砂（軟岩、シラ  
ス）を築堤材に有効利用した事例を紹介す  
る（写真-2）。



破碎 ↓ 混合



写真-2 軟岩破碎混合の事例

粒径 600 mm 程度の軟岩を最大粒径 200  
mm に 1 次破碎して（本工法の適用粒径は最  
大 200 mm）、シラスと混合するとともに、  
浸食抑制を期待して少量の土壌改良材を添  
加し改良した。その結果、目標とする粒度  
コーン指数、透水係数の品質を確保し、約  
80,000  $\text{m}^3$  の発生土を有効利用し、残土処  
分費用や新規購入土費用の削減が図れた。

### 3) 草根ゴミ分別を実施した改良

草根ゴミ、地下茎、巨礫（廃棄物）が混入  
した建設発生土の粘性土と砂質土に生石灰  
を添加、均質に混合し、築堤盛土材製造と  
廃棄物の分別を同時に実施した事例である  
筑後川河川事務所管内工事について紹介す

# 特集

る。

工事名：筑後川木塚・蜷川地区築堤工事  
要求品質

- ・コーン指数：改良後  $qc \geq 1200 \text{ kN/m}^2$
- ・細粒分含有率： $15\% < FC < 50\%$
- ・透水係数： $1.0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- ・粒径：100 mm以下

本工事では、建設発生土を細粒土と粗粒土に分類し、目標品質に合致するよう粒度、細粒分含有率を考慮し、細粒土と粗粒土の組合せを選定した。また強度改善を図る為生石灰を添加するが、添加量は室内配合試験を行い決定した。

そして、1つの工程で、(写真-3)、①粒度改善、②強度改善、③廃棄物の分別除去を行い、高品質な築堤盛土材の製造を行い、従来工法と比較して、リサイクル率の向上、トータルコスト削減が図れた。

また、従来手法と比較した場合、ダンプトラックの台数が削減できた事、そしてプラントヤード、発生土仮置き場所、築堤盛土場所を近距離で実施できた為、土砂の搬入出路沿線における自然及び住民環境等への負荷軽減等にも、大きな効果が得られた。

## 5. おわりに

本工法は、従来工法では対応困難な様々な性状の建設発生土リサイクル技術で実績を増やしており、その評価として、平成28年度準推奨技術や活用促進技術に選ばれた。

これは本工法を認めて頂き、利用して頂いた顧客がおられたこそであり、今後も顧客満足度の向上と市場ニーズに応えられるよう、技術力の向上に努力する所存である。

参考：回転式破碎混合工法研究会パンフレット



写真-3 草根ゴミ分別を実施した改良事例

## カエルドグリーン工法 ～建設発生土（表土等）をリサイクルしてのり面の植生を復元～

石垣 幸整、大西 朝晴  
日特建設株式会社 技術本部

キーワード：リサイクル、森林表土、機械採取、国産種、緑化工

### 1. カエルドグリーン工法とは

カエルドグリーン工法とは、土を再利用するのり面緑化工法です。高含水比・粘性の高い土から森林表土まで様々な土を、吹付けに使えるように改良した上で、種子肥料等を混合し、のり面に吹き付けて緑化を行います。再利用可能な土は、具体的には、自然表土、掘削土、マサ土、脱水処理ケーキ、浄水発生土、赤土、浚渫土などです。

高含水比・粘性の高い土は、ホースを閉塞させやすいので一般的な吹付工法で使用することは困難です。カエルドグリーン工法は、このような土に対して加水調整を行い、強制二軸ミキサーで攪拌して泥状化させます（スラリー化）。そして、凝集剤によって土粒子を粒状化させ、さらに改良剤等を加えて通気性を高め、空気圧送によって

吹付け可能な、パサパサと乾燥した粒状土に変化させます（図-1）。

土の改良から、乾式吹付機（ニードガン）による吹付けまでの施工システム全体は図-2のとおりです。

また、リサイクル可能な土量（ほぐし土量）は、1,000 m<sup>2</sup>の施工（吹付厚 5cm の場合）では、約 35 m<sup>3</sup>となります。つまり、生育基盤材 1 m<sup>3</sup>あたり約 0.7 m<sup>3</sup>のほぐし土のリサイクルが可能です。

### 2. カエルドグリーン工法の用途

カエルドグリーン工法は、生物多様性に配慮したのり面緑化への適用が有効です。生物多様性に配慮した現場（例えば、国立公園内）では、次のようなことが求められます。



図-1 カエルドグリーン工法による土の改良



図-2 施工システム

- ・外国産の種子を使用しない
- ・国産の種子を使用する
- ・森林表土利用工の採用

このようなのり面緑化を実施するためには、次の課題があります。

- ・緑化スピードが遅い
- ・高い耐侵食性と植物の生育に適した基盤造成の両立
- ・高いコスト(通常植生基材吹付の約2倍となる場合もある)

カエルドグリーン工法は、これらの課題を解決できる工法です。

### 3. カエルドグリーン工法の特長

カエルドグリーン工法は、次の特長により課題を解決できます。

#### ①緑化のスピード・確実性が高い

森林表土の使用割合が高い、現地発生土を主体とした緑化基盤

#### ②高い耐侵食性と植物に適した基盤

団粒構造を有する緑化基盤

#### ③経済的なコスト

- ・植生基材吹付工とほぼ同等のコスト(約10~20%増)
- ・現地発生土の処理費用を考慮すればより経済的

#### (1) 表土の採取方法の違いによる、緑化のスピードの違いについて

一般的な森林表土利用工では、表土のみを10cm程度、人力又は小型のバックホウで採取するため、比較的成本がかかります。

これに対し、カエルドグリーン工法は、表土を含む50cm程度をバックホウで採取するため、労力・コストをかけずに多くの森林表土を採取し、利用できます(図-3)。これは、カエルドグリーン工法は最初に述べたとおり、様々な土を扱えるように改良できるため、森林表土以外の部分も利用できるためです。この差が表土の利用割合の差となり、埋土種子の混合量が多くなり、緑化のスピードの差につながります(図-4)。

## (2) 高い耐侵食性と植物に適した基盤

図-5に、カエルドグリーン工法による改良土の概念図を示します。

凝集剤の添加により、土粒子同士が結合し、団粒化します。団粒化した生育基盤は耐侵食性に優れ、水の中に入れても溶け出しません。ただし、結合阻害材も入っており、すべての土粒子が結合せず、適度な塊となり、塊と塊との間で通気性が保たれます。また、吸水ポリマーにより、保水性が保持されることになり、植物の生育に非常に適しています。

## (3) 経済的なコスト

(1) で記したとおり、表土採取コストの違い・利用する材料の違いから、一般的な森林表土利用工より低コストとなります。森林表土利用工が植生基材吹付工の1.5～2倍であるのに対し、カエルドグリーン工法は、植生基材吹付工の1.1～1.2倍となります。

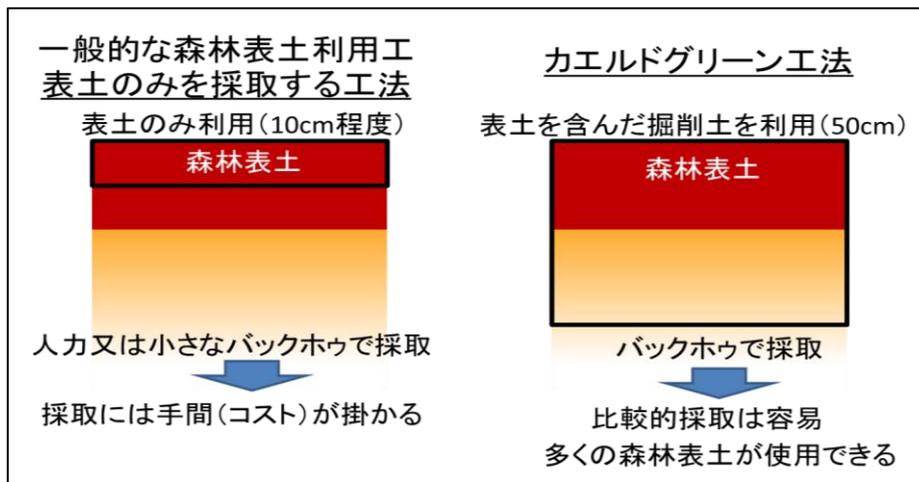


図-3 表土の採取方法の違い

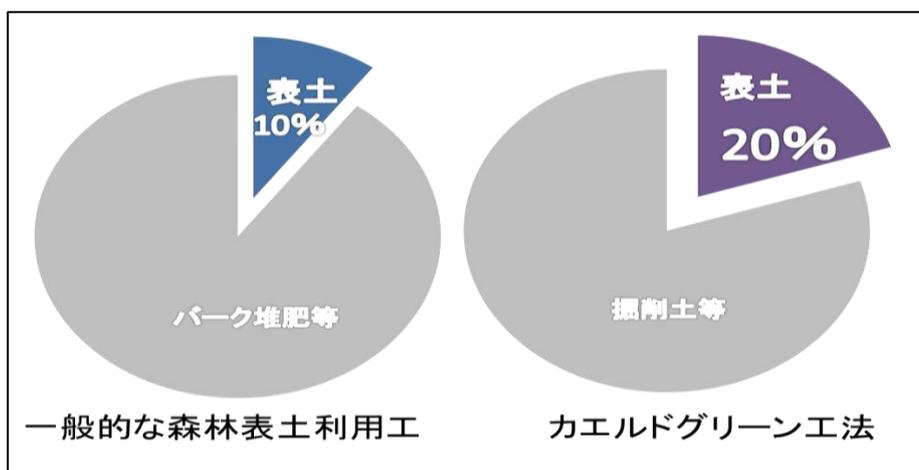


図-4 表土利用割合の違い

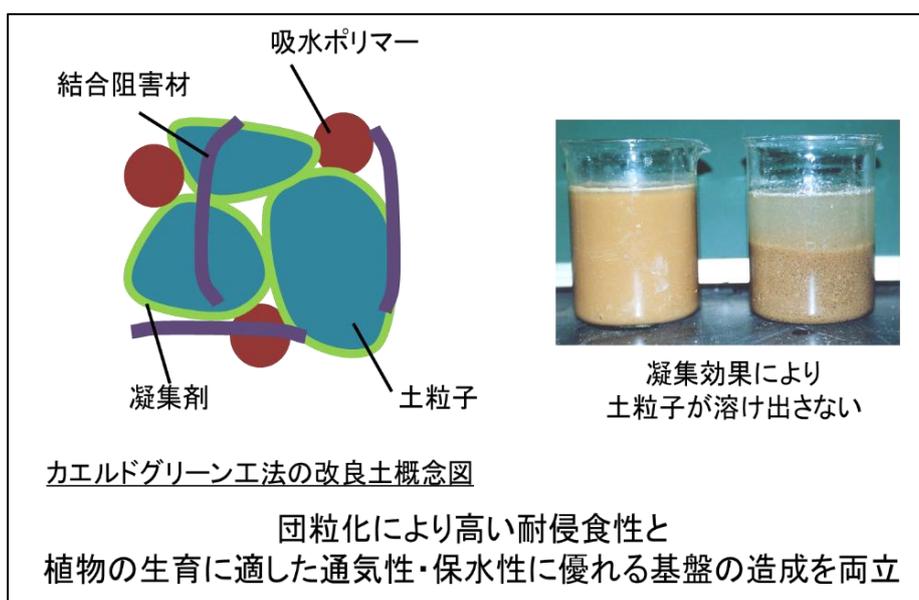


図-5 カエルドグリーン工法による改良土の概念図

## 4. カエルドグリーン工法の適用例

カエルドグリーン工法は、平成 29 年度までで累計 76 件、約 38 万㎡の施工実績があります。その一例を下記に示します。

周辺自然環境に配慮した工事を行うため、現地の表土を積極的に利用することが計画され、表土利用ができるカエルドグリーン工法が採用された現場です（図-6）。また、現地で発生したチップ材も生育基盤に 30% 混入し、再利用しています。

施工完了から 2 年後の現地調査では、50 種類以上の多様な植物が確認され、生育基

盤の流亡もなく順調に植生が回復していました（図-7）。

## 5. おわりに

以上の特長により、『建設発生土を場外に搬出することが難しいもしくは搬出量を低減したい現場』や、『生物多様性に配慮し、森林表土利用工を採用したい現場』での活用が進んでいます。今後も、カエルドグリーン工法による建設発生土のリサイクルを通じて、地球環境に大きく貢献していく所存です。

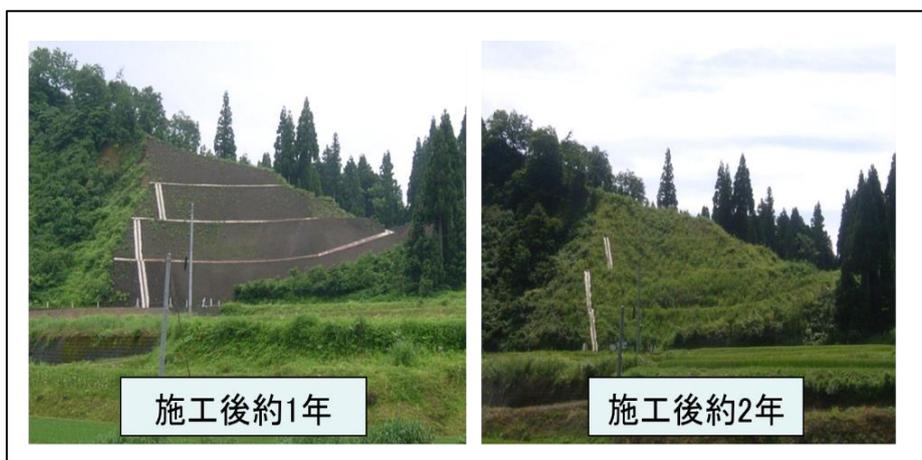


図-6 施工経過写真



図-7 確認された植物

# —地中に森をつくる— 木材で温室効果ガスを削減する地盤改良技術 (LP-LiC 工法、LP-SoC 工法)

木材活用地盤対策研究会 mokuchiken.com

キーワード：丸太、液状化対策、軟弱地盤対策、地球温暖化対策、炭素貯蔵、省エネルギー

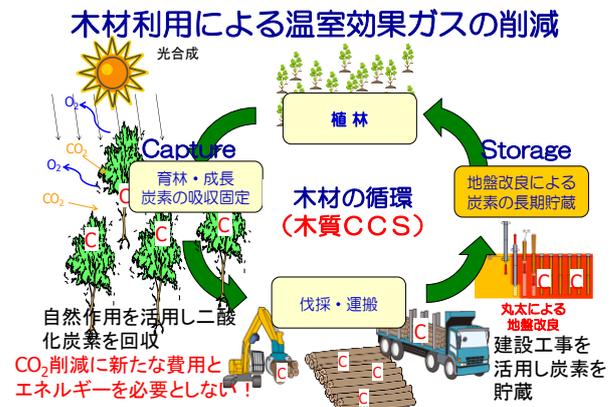
1. 木材(丸太)の地盤改良への活用の背景  
木はその成長過程で光合成を行い、大気中の二酸化炭素から炭素を固定します。地中において、特に地下水位以下では、木材は生物劣化が生じないので、非常に長期にわたって活用することが可能になります。木材を長期間利用するという事は、長期間炭素貯蔵ができるということです。

つまり、丸太による地盤改良は、社会資本の整備、民間資本の整備を実施しつつ、自然の力で蓄えた炭素を長期間貯蔵し、今地球規模の喫緊の課題である地球温暖化の緩和にも貢献できる工法ということが出来ます。光合成に使う太陽エネルギーと地盤改良を通じた社会資本整備によって、CCS(Carbon dioxide Capture and Storage)をも実現する、まさに SDGs の方向性にふさわしい「地中に森をつくる」地盤改良工法と言えるでしょう。この考え方を示したのが【木材の循環と炭素貯蔵】の図です。

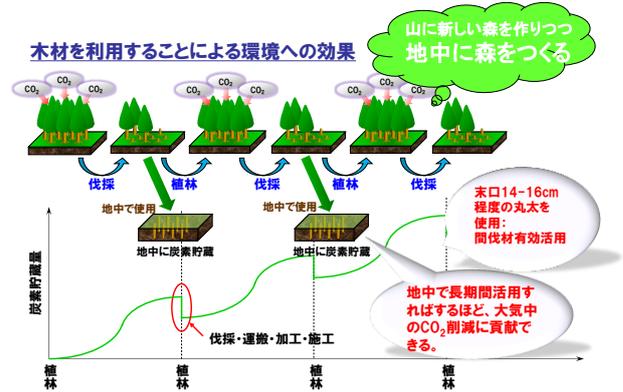
【山に新たな森をつくりつつ、地中に森をつくる】(文献 1)の図-3 に加筆修正)の図に示すように、地盤改良に用いる丸太を切り出した森には、再度植林を行うことで新たな炭素貯蔵が行われます。これを繰り返していくことで、地中に森が増えていき、どんどん炭素貯蔵量が増えていくのです。

## 2. 液状化対策(LP-LiC工法)

木が腐るのは腐朽菌の活動であり、空気



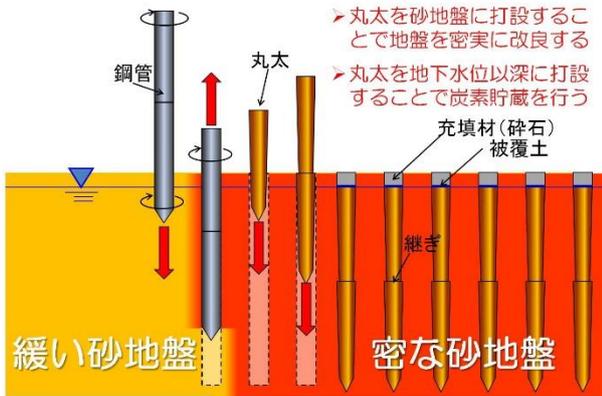
【木材の循環と炭素貯蔵】  
木は成長過程で光合成により大気中の炭素を固定し、長期の利用で炭素貯蔵を実現します。



【山に新たな森をつくりつつ、地中の森をつくる】  
(文献 1) の図-3 に加筆修正)  
丸太による地盤改良で地中に森をつくります。山では再度植林し、また使う、この過程を繰り返すことで、炭素貯蔵量はどんどん増加します。

の供給が継続しなければ、菌も活動できず生物劣化は進みません。地下水が発生条件となる液状化の対策に丸太を用いることは非常に合理的と言えます。丸太の圧入で地盤の密度を増大させるという考えを設計、施工に取り入れ、液状化対策工法を開発しました。これが丸太打設液状化対策&カーボンストック工法 (LP-LiC 工法: (Log Piling Method for Liquefaction Mitigation and Carbon Stock)) です。【液状化対策の原理と効果】に工法の概要を示します。

2012 年の実証施工実験以来、2014 年の(一財)先端建設技術センターの技術審査証明取得を経て、【施工実績】に示すように徐々に実績も増えつつあります。



**【液状化対策の原理と効果】**  
液状化の可能性のある地盤に丸太を圧入して、地盤を締固めることで確実に液状化を防ぎます。炭素を貯蔵し地球温暖化緩和も同時に実現します。



**【施工実績】**  
丸太による地盤改良の施工実績は全国各地に広がりつつあります。

### 3. 軟弱粘性土地盤への適用拡大 (LP-SoC工法)

地震時に液状化する砂質地盤だけでなく、軟弱地盤には、粘性土地盤も多くあります。粘性土地盤では常時に構造物の沈下、傾斜といった被害が生じるため、軟弱粘性土地盤にも対策が必要となる場合が多々あります。

そこで新たな取り組みとして、主に軟弱粘性土地盤を対象とした丸太による地盤改良工法の開発を進めています。【軟弱地盤の特徴】にそれぞれの地盤の特徴と対応する工法を示します。

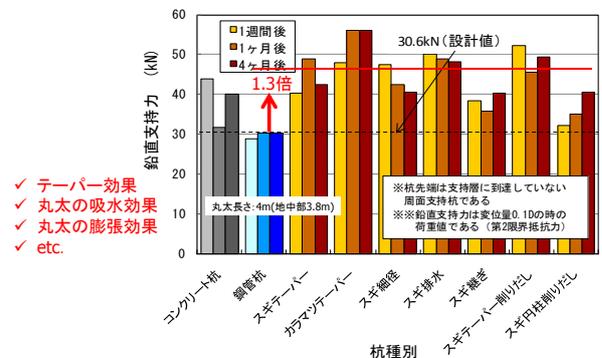
以前の実験で、丸太は周面積が同じコンクリートの杭や鋼管杭よりも大きな支持力が期待できる<sup>1)</sup>という結果が得られていました。【種々の杭の鉛直支持力の比較】にその結果を示します。



| 地形   | 国土面積の割合 (377千km <sup>2</sup> ) | 人口比率 | 資産比率 |
|------|--------------------------------|------|------|
| 沖積平野 | 10%                            | 49%  | 75%  |
| その他  | 90%                            | 51%  | 25%  |

| 共通項目   | 対象地盤            | 被害が生じる時期 | 生じる課題             | 生じる被害                             | 対応工法     |
|--|-----------------|----------|-------------------|-----------------------------------|----------|
| > 地下水位が浅い<br>> 緩く堆積<br>> 新しい堆積<br>> 礫を主体としない | > 粘性土<br>> 有機質土 | > 常時     | > 圧密沈下<br>> すべり破壊 | > 沈下<br>> 傾斜<br>> 水平変位            | LP-SoC工法 |
|  | > 砂質土           | > 地震時    | > 液状化<br>> 地盤の流動化 | > 沈下<br>> 傾斜<br>> 浮き上がり<br>> 側方流動 | LP-LiC工法 |

**【軟弱地盤の特徴】**  
沖積低地には軟弱地盤が多く、国土面積の10%程度ですが、人口の50%、資産の75%が集中しています。



丸太の鉛直支持力は他材料の杭よりも大きい

**【種々の杭の鉛直支持力の比較】<sup>1)</sup>**  
丸太の支持力が他材料より大きいのは、丸太のテーパ一効果、吸水効果、膨張効果などと推定されます<sup>2)</sup>。

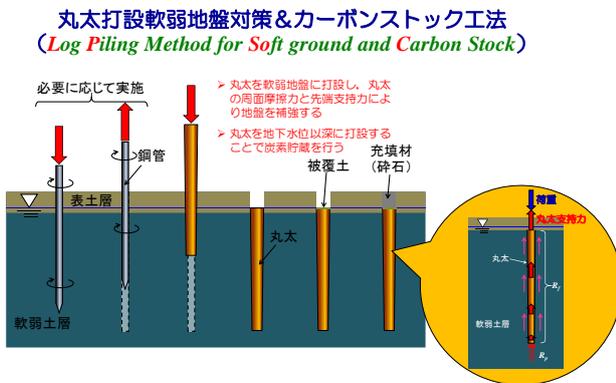
# 特集

丸太打設軟弱地盤対策&カーボンストック工法 (LP-SoC 工法: (Log Piling Method for Soft ground and Carbon Stock)) の原理を【軟弱地盤対策の原理と効果】の図に示します。液状化対策とは考え方が異なり、丸太を地中に打設することで、丸太先端部の支持力と丸太の周面摩擦力により、上部の荷重を支えるという考え方<sup>3)</sup>です。

効果を確認する実験を各地の様々な地盤で行いました。その一例の様子を【軟弱地盤対策の実験】に示します。生物劣化の影響を受けないように、丸太頭部は地表より低くし、水中に没することを基本としています。そのため、【丸太の押し込み試験】<sup>4)</sup>は図のように頭部が地中にある丸太に適用できるような工夫を施しています。

3年間に4地域で実施した24ケースの押し込み試験<sup>3)</sup>結果について、SWS試験から推定した丸太の長期許容鉛直支持力と押し込み試験から求めた丸太の長期許容鉛直支持力の関係を図【既往の設計法と丸太の押し込み試験結果】に示します。いずれも、押し込み試験から求めた丸太の長期許容鉛直支持力はSWS試験からの推定値より大きく、その比率 $\xi$ は下限値で1.13、平均値で1.41でした<sup>2)</sup>。

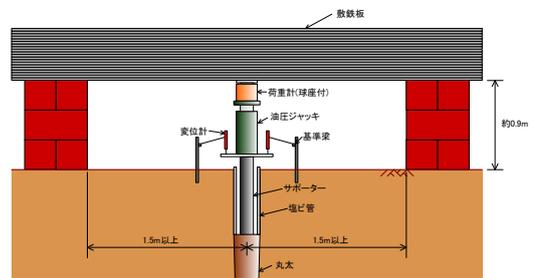
丸太単体の地中における支持力は、(一財)日本建築センターによる評定をすでに取得しています。引き続き、地盤の支持力を含めた設計法、施工法、品質管理法の開発を進めています。



【軟弱地盤対策の原理と効果】<sup>3)</sup>  
丸太先端部の支持力と丸太の周面摩擦力により、地盤を補強する<sup>3)</sup>。

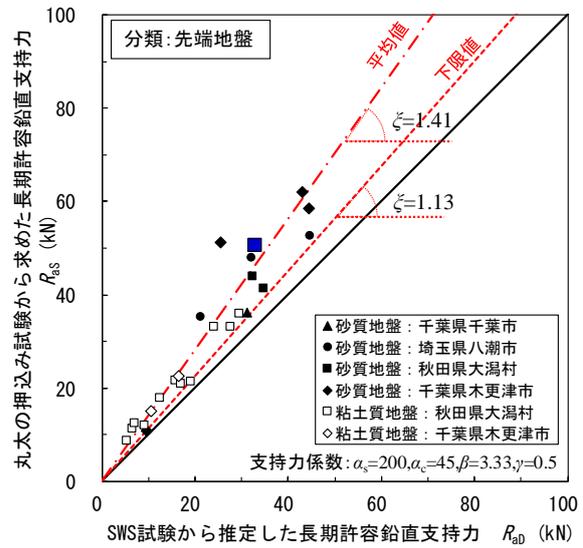


【軟弱地盤対策の実験】  
様々な地盤で軟弱地盤対策の実験を実施しました<sup>4)</sup>。



JGS 1811-2002に準拠

【丸太の押し込み試験】<sup>4)</sup>  
丸太の押し込み試験の一例です。地表より低い丸太頭部の押し込みができるよう工夫されています<sup>4)</sup>。



## 既存の設計法による設計値と押し込み試験結果の関係

【既往の設計法と丸太の押し込み試験結果】<sup>2)</sup>  
押し込み試験から求めた丸太の長期許容鉛直支持力はSWS試験からの推定値より大きく、その比率 $\xi$ は下限値で1.13、平均値で1.41でした<sup>2)</sup>。

## 木材を地盤改良の材料として用いる場合の長所と短所

|        | 長所  | 短所  |
|--------|---|---|
| 力学的特徴  | ・軽い割に強度がある<br>・弾性領域が広い  | ・鋼材に比べ強度が低い<br>・乾燥により変形する   |
| 一般的な特徴 | ・放置すれば自然に戻る<br>・燃料として利用できる<br>・見た目や触覚が良い<br>・持続可能な材料である<br>・生産時のエネルギーが少ない<br>・炭素を貯蔵している<br>・環境負荷の心配が少ない<br>・間接的な環境効果もある<br>・加工が容易である<br>・比較的塩害に強い<br>・熱伝導率が低い<br>・温度応力がほとんど発生しない<br>・利活用の歴史がある<br>・国内のほぼ全域で供給ができる | ・腐朽や虫害がある<br>・燃えやすい<br>・形状のばらつきが大きい<br>・品質のばらつきが大きい<br>・長大材を得にくい<br>・均質で大きな構造物を作れない |

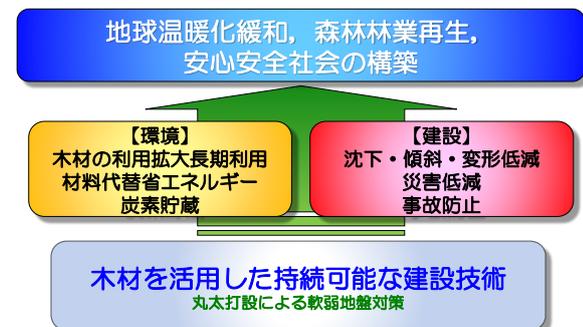
丸太の地中利用(地盤改良)で短所がほとんどなくなる

【木材利用の長所・短所】<sup>5)</sup>  
丸太を地盤改良に用いることで、木材利用の短所がほとんどなくなり、木材の持つ長所だけを引き出せる。

| 項目        | 内容  |
|-----------|---|
| ● 安全・安心   | ・実績が多く、歴史も長く、自然に調和している。<br>・適切に用いられれば100年を優に超えて安定で実績がある。  |
| ● 地球温暖化緩和 | ・炭素を地中に長期間貯蔵することができる。<br>・ほとんど加工を必要としないので、省エネルギーである。<br>・持続可能な材料である。  |
| ● 近隣への配慮  | ・自然素材なので、地下水汚染などの心配がない。<br>・材料の飛散がない。<br>・容易に切断可能なので改良深さの調整が簡単である。<br>・プラントなど必要とせず材としてそのまま使用できる。<br>・低振動・低騒音で圧入するのに寸法・強度・コストが適切である。<br>・残土を発生しないように無排土で圧入するのに寸法・強度・コストが適切である。<br>・周辺地盤に変位を発生させないために、細く強度がある。<br>・養生が不要なので次工程にすぐ入れる。 |
| ● 木材の活用   | ・構造物のような高品質ではない木材を使用できる。<br>・林業再生、地域林業の活性化に貢献できる。   |

【丸太による地盤改良工法の特長】  
社会基盤の強化、地球温暖化緩和、森林林業再生、地域材活用といった多様な機能

### 丸太を使った地盤改良のコンセプト



### 【丸太を用いた地盤改良のコンセプト】



【多様な効果】  
木材を用いた地盤改良工法の活用により、国土強靱化を行えば、同時に地球環境保全、林業活性化、地方創生といった様々な効果を生み出します。

## 4. 今後の展望

丸太による地盤改良工法は、砂地盤の液状化対策はもちろんのこと、軟弱粘性土地盤を主体とした支持力強化の工法としても活用の拡大を図っていきたいと思います。

図【木材利用の長所・短所】に示すように、丸太を地盤改良に用いることで、乾燥して変形する、腐朽や虫害がある、燃えやすい、形状・品質のばらつきがあるといった木材利用の短所がほとんどすべてなくなり、木材の持つ長所だけを引き出すことが可能となります。

図【丸太による地盤改良工法の特長】に示すように、安全・安心、地球温暖化緩和、近隣への配慮、木材の活用という4項目で有効性のある特長があることがわかります。これらの特長を生かして社会基盤整備などの地盤改良に用いることで、持続可能な建設技術による持続可能な社会の実現が可能になると考えられます。これを図【丸太を用いた地盤改良のコンセプト】に示します。

社会基盤の強化、地球温暖化緩和、森林林業再生、地域材活用といった多様な機能を持つ、丸太を用いた地盤改良工法の活用により、国土強靱化など建設事業を行えば、同時に地球環境保全、林業活性化、地方創生といった様々な効果を生み出すことができると考えられます(図【多様な効果】)。

### 参考文献

- 1) 富松義晴, 沼田淳紀, 濱田政則, 本山寛, 三輪滋: 持続可能な社会へ向けた土木事業における木材利用の提案, 土木学会論文集 F4(建設マネジメント), Vol.68, No.2, pp.80-91, 2012.7.
- 2) 村田拓海, 沼田淳紀, 川崎淳志, 橋本佳大, 佐々木修平, 藤野一, 佐々木貴信: 軟弱地盤中における丸太の鉛直支持力, 第53回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.853-854, 2018.
- 3) 沼田淳紀, 村田拓海, 三輪滋: 丸太を使った地盤改良の現状と新しい取り組み, 木材利用システム研究, Vol.4, pp.27-30, 2018.
- 4) 沼田淳紀, 村田拓海, 川崎淳志, 橋本佳大, 佐々木修平, 藤野一, 佐々木貴信: 軟弱地盤中における丸太の押込み試験, 第53回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.851-852, 2018.
- 5) 沼田淳紀, 吉田雅穂, 濱田政則: 木材による1964年新潟地震における液状化対策事例, 木材学会誌, Vol.55, No.5, pp.305-315, 2009.

お問い合わせ先: 木材活用地盤対策研究会

e-mail: office@mokuchiken.com

URL://www.mokuchiken.com



# トピックス

## 電子 manifests の利用促進について 建設廃棄物の適正処理の確保に向けたツールとして

公益財団法人日本産業廃棄物処理振興センター電子 manifests センター

キーワード：電子 manifests、導入メリット、報告不要、運用方法、普及目標 70%

### 1 はじめに

manifests 制度は、排出事業者自身が排出した産業廃棄物が委託内容どおり適正に処理されたことを把握・管理することにより、産業廃棄物を委託処理する排出事業者の責任を確保するとともに、不法投棄を未然に防止することを目的にしたものです。

電子 manifests は、排出事業者が適正に処理されたことを確認する手段としてパソコン等を使用し電子的に情報をやり取りするもので、運用開始してから約 20 年あまりが経過しましたが、近年は利用者も拡大しており、今後もより一層の普及を目指しています。

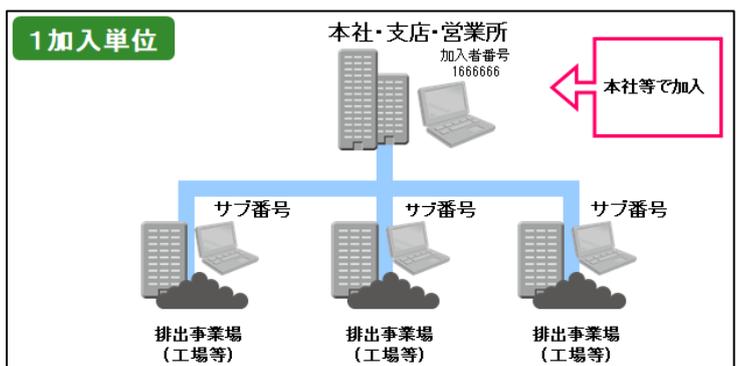
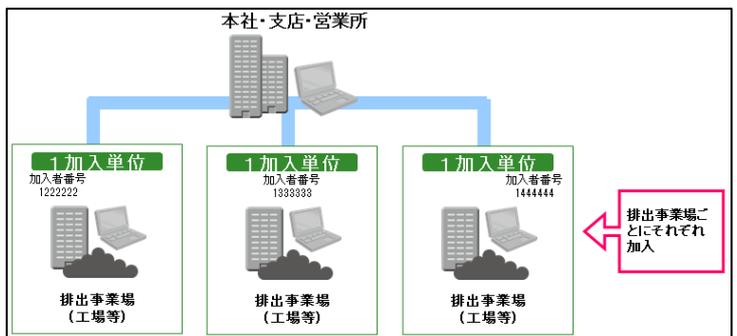
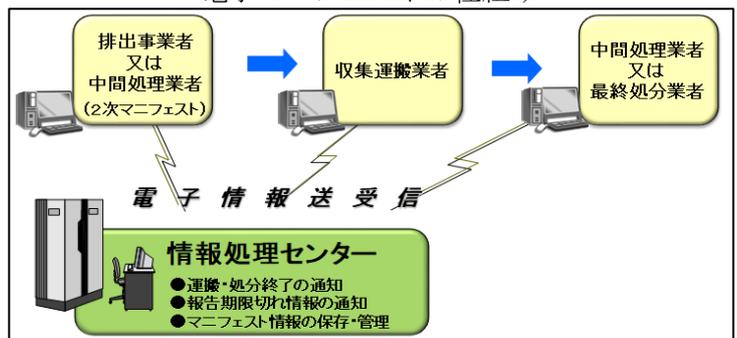
### 2 電子 manifests の特徴

#### (1) 電子 manifests の仕組み

電子 manifests は、manifests 情報をパソコン等で入力し、排出事業者、収集運搬業者、処分業者の 3 者が情報処理センターを介したインターネットでやり取りする仕組みです。インターネットを利用できる環境があれば、どこでも利用ができ、入力したデータはいつでもダウンロードできます。

電子 manifests を利用する場合、排出事業者と収集運搬業者及び処分業者の 3 者が、各々電子 manifests に加入している必要があります。排出事業場単

電子 manifests の仕組み



# トピックス

位で加入し、本社等が管理できます。また、本社等で加入し、排出事業場毎にユーザID(加入サブ番号)を使用しても電子マニフェストを管理できます。

## (2) 導入のメリット

電子マニフェスト導入のメリットは、主に法定項目の記入漏れが防止でき、紙のように紛失する心配はありません。また、保管が不要で、改ざんや不正がしにくいことが挙げられます。

## (3) 料金

マニフェストの年間登録件数に応じて利用区分(A料金、B料金、C料金)を選択してください。基本料は、4月から翌年の3月末までの期間に適用されます。年度の途中で加入する場合、初年度の基本料は月割りとなります。使用料は新規登録・予約登録時に課金されます。

## (4) マニフェスト交付等 状況報告書

マニフェストを交付した排出事業者は廃棄物処理法第12条の3第7項に基づき、事業場ごとに前年度1年間のマニフェスト交付等の状況について、都道府県知事等への報告が義務付けられています。

電子マニフェストで登録したマニフェストについては、情報処理センターから報告するため、排出事業者からの交付等状況報告書の提出は不要になります。

なお、電子マニフェストと紙マニフェストの両方を使用した場合には、紙マニフェスト使用分のみ排出事業者が都道府県知事等に報告する必要があります。

## (5) 公共工事等の廃棄物処理実績確認

電子マニフェストでは、利用証明として

簡単!



## 事務処理の効率化

- ・パソコンを用いて入力しますので、操作が簡単で手間がかかりません。
- ・画面上で廃棄物の処理状況を容易に確認できます。
- ・マニフェスト情報をダウンロードして自由に活用できます。
- ・マニフェストの保存が不要です(保存スペースも不要)。
- ・電子マニフェスト利用分は、情報処理センターが都道府県に報告するため、排出事業者の産業廃棄物管理票交付等状況報告が不要です。

## 法令の遵守

- ・法令で定める必須事項をシステムで管理していますので、入力漏れを防止できます。
- ・運搬終了、処分終了、最終処分終了報告の有無を電子メールや一覧表等で確実に確認できます。
- ・終了報告の確認期限が近づくと排出事業者に注意喚起します。
- ・マニフェストの紛失の心配がありません。

しっかり!



安心



## データの透明性

- ・マニフェスト情報は情報処理センターが管理保存しています。
- ・セキュリティも万全です。
- ・排出、収集、処分の3者が常にマニフェスト情報を閲覧・監視することにより、不適切なマニフェストの登録・報告を防止できます。

○排出事業者 料金表

| 料金区分               | A料金      | B料金                     | (税込)            |
|--------------------|----------|-------------------------|-----------------|
|                    |          |                         | C料金<br>(団体加入料金) |
| 基本料<br>(1年間)       | 25,920円  | 1,944円                  | 不要              |
| 使用料<br>(登録情報1件につき) | 10.8円    | (90件まで無料)<br>91件から21.6円 | 21.6円           |
| 利用区分の目安となる年間登録件数   | 2,401件以上 | 2,400件以下                | -               |

活用いただける電子媒体提供サービスを行っており、公共工事等の廃棄物処理実績確認として活用できます。

公共工事では、竣工検査時等において、廃棄物処理実績の確認のため、紙マニフェストの提出が求められています。

公共工事で、電子マニフェストを利用している場合は、国土交通省通知(平成17年9月21日付け各地方整備局宛「産業廃棄物の処理の確認について」)により産業廃棄物の適正処理の確認を監督職員が行う際には、電子マニフェストの内容を確認することによって対応可能とされています。

# トピックス

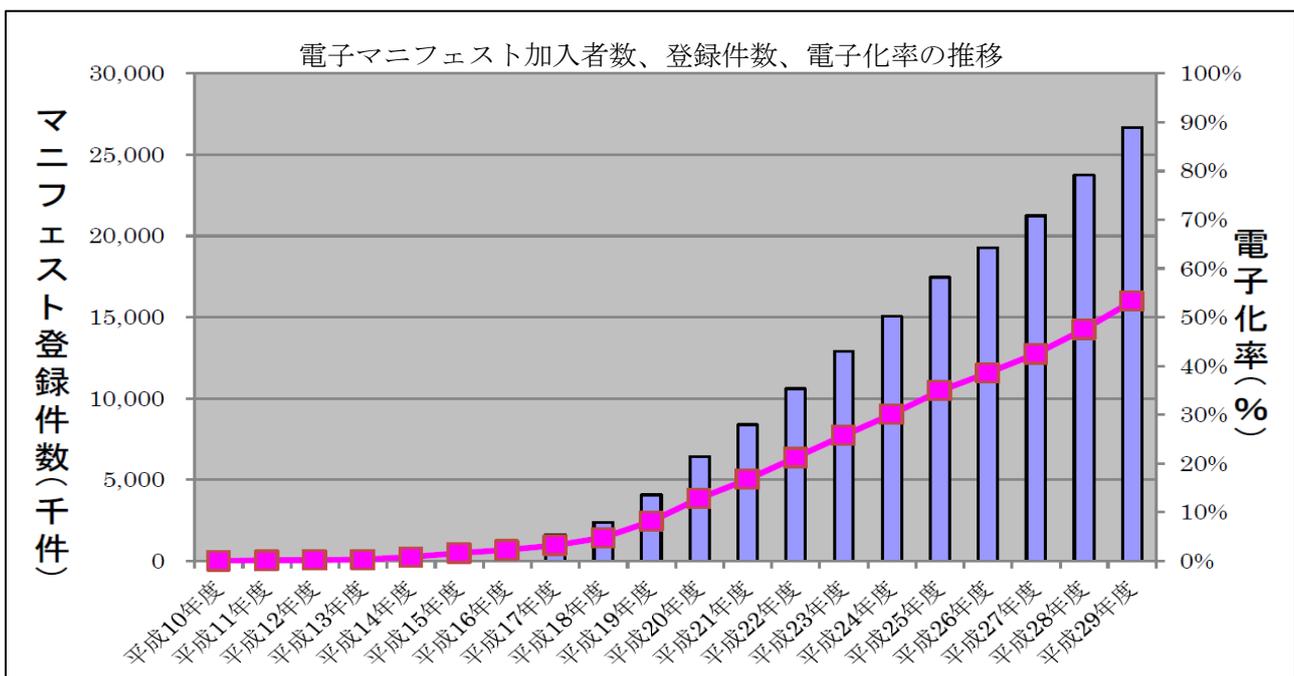
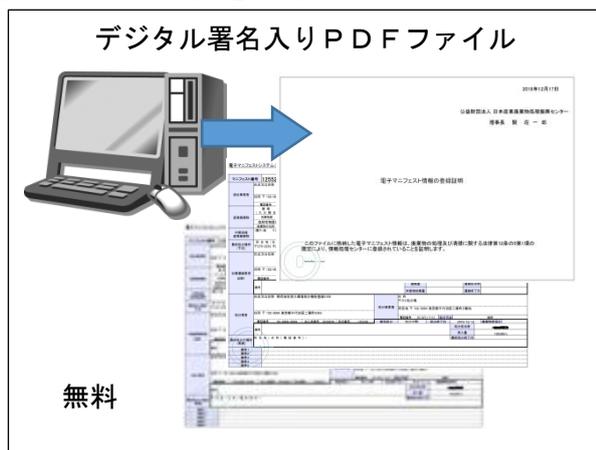
電子マニフェストは各種一覧表や帳票（PDF 形式）が容易にダウンロードでき、一覧表や帳票によりマニフェストの内容を容易に確認することができます。さらに、JW センターでは、登録したマニフェスト情報をデジタル署名入りの PDF ファイルとして出力できる「マニフェスト情報登録証明申込」機能（無料）や電子媒体にマニフェスト情報を収録して作成する「電子媒体提供サービス」（有料：1部 3,780 円）を提供しており、大規模な工事では後者が利用されています。これらを活用することで、竣工検査時に、公共工事の受注したゼネコンの現場担当者は、大量の紙マニフェストをコピーするなどの煩わしい業務を削減でき、さらに、公共工事を発注した監督職員もゼネコンから提出されたマニフェストの

確認作業の手間を大幅に軽減することができます。

### 3 電子マニフェストの利用状況

電子マニフェストの登録件数は増加傾向を示し、平成 29 年度末では年間登録年数が、約 2,665 万件となり、総マニフェストに対する電子化率（電子マニフェストの利用割合）は 53%となっています。直近の平成 30 年 12 月末では 57%です。

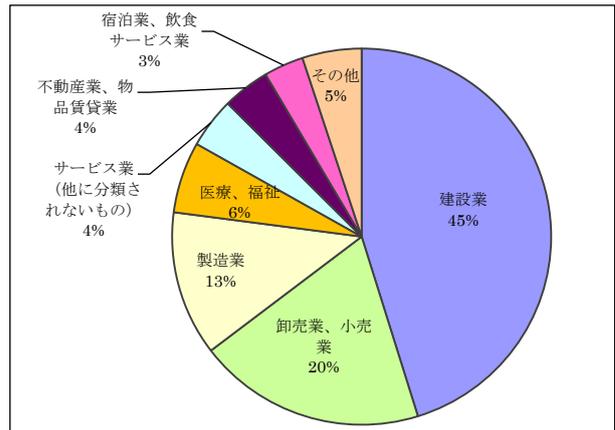
マニフェストの登録件数は、建設業が最も多くなっています。近年は、卸売業、小売業の加入者数、登録件数が増えています。建設業の中でも総合工事業で多く利用されています。



# トピックス

| 中分類       | 加入者数  | 登録件数       |
|-----------|-------|------------|
| D06 総合工事業 | 6,502 | 11,974,559 |
| D07 職別工事業 | 1,020 | 412,735    |
| D08 設備工事業 | 1,429 | 303,040    |
| D 合計      | 8,951 | 12,690,334 |

建設業の業種別加入者数、登録件数 (平成 29 年度)

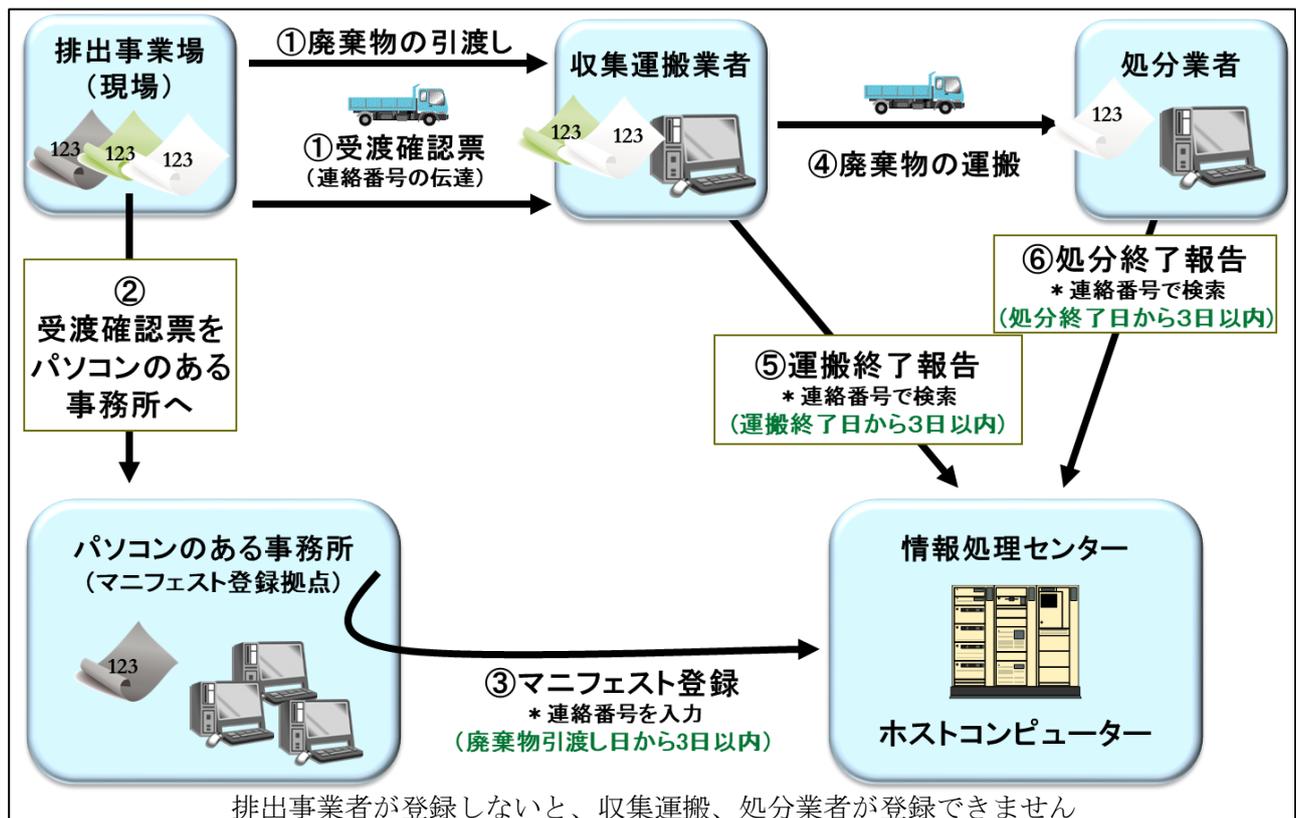


## 4 運用方法

### (1) 電子 manifests の一般的な運用例 (受渡確認票と連絡番号を活用した運用事例)

- ・ 廃棄物引き渡し時の整理番号を付した受渡確認票を 3 枚準備する。
- ・ 引渡しの際に、廃棄物の種類、数量等を確認のうえ、受渡確認票を 2 枚収集運搬業者に渡す (下図①)。
- ・ 排出事業者は受渡確認票を基に manifests 登録を行う (下図②・③)。その際、連絡番号欄に連絡番号を入力する。
- ・ 収集運搬業者は廃棄物搬入時に受渡確認票を 1 枚処分業者に渡す (下図④)。
- ・ 排出事業者は廃棄物の引渡し後、収集運搬・処分業者は運搬終了後、処分終了後、3 日以内に受渡確認票を元に整理番号で検索した電子 manifests に登録す

- る (下図③・⑤・⑥)。
- ### (2) 排出現場において作業の効率化を図った運用例 (携帯端末を活用した建設工事現場での運用事例 (ASP サービス※) 利用)
- ・ 建設工事現場で、収集運搬業者の運搬担当者は携帯端末を用いて、廃棄物の種類、数量等の情報を入力する。
  - ・ 建設現場担当者は、携帯端末に入力された情報を確認し、承認パスワードを入力する。
  - ・ パスワード入力後、manifests 情報は



# トピックス

ASPを経由して情報処理センターに登録。排出事業者と処理業者の社内システムに manifests 情報を取り組むことも可能です。

## ※) ASPサービス

ASP(Application Service Provider)とは、業務用ソフトをインターネットを通じて顧客にレンタルする事業者です。電子 manifests に付随するサービスを提供しています(別途要費用)。例えば、電子 manifests と IC タグや GPS 等を組み合わせた透明性の高い廃棄物管理システムのサービスとして提供している事業者もあります。

## 5 電子 manifests に関する法令改正

### (1) 電子 manifests 登録の一部義務化

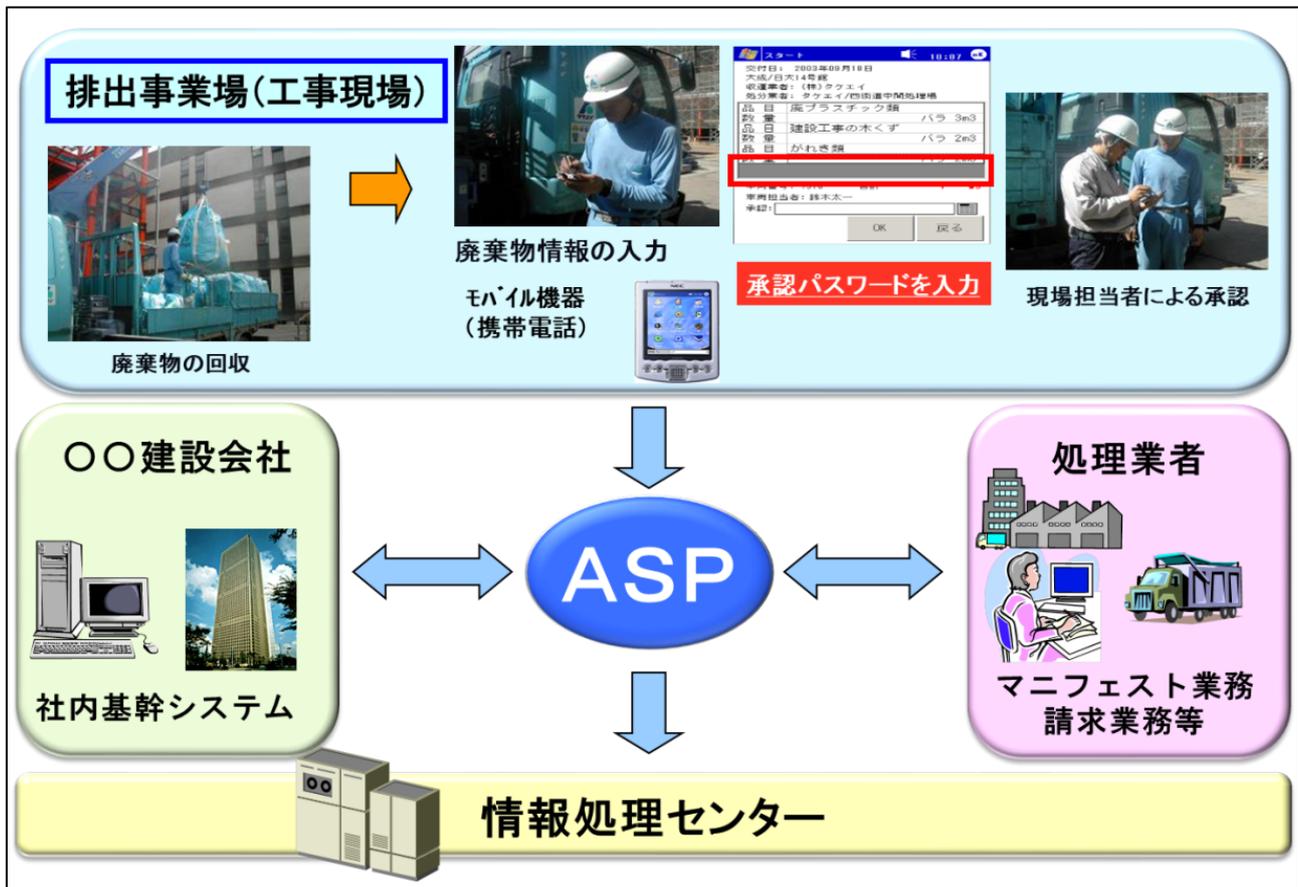
2020年4月1日から、前々年度の特別管理産業廃棄物(PCB廃棄物を除く。)の発生量が50トン以上の事業場を設置する事業者が、その事業場から生ずる特別管理産業廃棄物(PCB廃棄物を除く。)の運搬又は処分を他人に委託する場合には、電子 manifests の登録が義務付けられます。

### (2) 電子 manifests の登録・報告期限

平成31年4月1日から、電子 manifests の登録・報告期限(3日)について、土日祝日及び年末年始(12月29日~1月3日)を含めないこととなります。

## 6 おわりに

平成30年6月に策定された第四次循環型社会形成推進基本計画では、2022年度の電子 manifests の普及率が70%になるよう目標が設定されました。これを受け、環境省は平成30年10月に電子 manifests 普及拡大に向けたロードマップを策定し、70%の目標達成に向けて普及拡大の取り組みを示しています。JWセンターは、皆様のご協力を得て、電子 manifests の一層の普及拡大を図っていきたいと考えています。



# 建設リサイクルの現場レポート

## 東日本大震災の津波被災地における 環境負荷低減事例と 3R 活動推進のための課題

内山 里映

株式会社大林組気仙沼赤岩港造成工事事務所 工事長（当時）

キーワード：建設発生土、ICT、自ら利用、資材選定の工夫

### ■はじめに

着工当時の気仙沼市内は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災によって甚大な被害をうけ、海岸付近に数多くあった水産加工場はほとんどが稼働できない状況だった。

気仙沼市赤岩港水産加工団地造成工事は、気仙沼市の基幹産業である水産業の早期復興を目的に、国の震災交付金「津波復興拠点整備事業」を活用して水産加工団地の基盤(20ha)を造成する工事である。

主な工事内容は、津波で流された家屋・工場の基礎コンクリート撤去、現況地盤高が TP=1.0m 程度の軟弱な低地部 (N 値 0~4) の地盤改良、地盤改良後の地盤に隣接する地山から切り出した土砂での嵩上げ盛土、嵩上げ盛土の土留めのため高さ 75cm~5m のプレキャスト L 型擁壁と高さ 7.5 m の場

所打ち L 型擁壁の構築、インフラ整備として水産加工団地内の雨水排水管・上下水道管設置、および道路舗装である。

### 工事概要

工事名称：気仙沼市赤岩港水産加工団地造成工事

発注者：気仙沼市産業部

工期：平成 25 年 10 月 29 日

～平成 28 年 11 月 30 日

### 主要工種

切土 95 万 m<sup>3</sup>、盛土 46 万 m<sup>3</sup>、建設発生土運搬 76 万 m<sup>3</sup>(仮置き場からの二次運搬含む)、基礎コンクリート撤去 2,500 m<sup>3</sup>、地盤改良 61 万 m<sup>3</sup>、場所打ち L 型擁壁(H=7.5 m)156m、プレキャスト L 型擁壁(H=0.75~5m)850m、函渠工 1,200m、管渠工 2,500m、道路工 3.5km 他



図-1 施工位置図



写真-1 施工場所

# 建設リサイクルの現場レポート



写真-2 震災直後の赤岩港

本文では、資材、機材、人材など全てのモノが不足し、高騰している復興事業という特殊な条件下において、環境負荷を低減した施工事例として報告するものである。

## 1 建設発生土のリユース

首都圏では建設発生土交換システムによって計画的に建設発生土が有効利用されているが、震災後の東北地方では当該システムに相当するものはなかった。着工後、気仙沼市内では多数の復興事業が行われており、建設発生土を搬出する現場と受け入れる現場が混在していた。結果的に、当現場から搬出した建設発生土は、市が確保した仮置場を含め 30 箇所以上におよぶ地点への運搬を余儀なくされ、他工事で盛土材や仮設道路材としてリユースされた。

### 1) 建設発生土のマッチング

建設発生土をリユースするための最大の課題は、土を搬出する現場と受け入れる現場とのマッチングである。仮置場に建設発生土を搬出する場合は、搬出前の仮置場の受入可能容量を的確に把握し、受入可能容量に達する前に発注者である気仙沼市へ次の運搬先の確保を要請しなければなら



写真-3 着工前施工後全景



図-2 建設発生土運搬先

なかった。搬出先は仮置き場だけでなく、直接、他現場に搬出する場合もあったが、仮置き場に搬出した建設発生土は時間的な調整だけが行なわれ、他現場が仮置場から発生土を運搬し盛土材等に使用するという流れだった。仮置場を介する場合も直接他

# 建設リサイクルの現場レポート

現場に運搬する場合も、搬出現場と受入現場をマッチングさせることが建設発生土リユースの大きな鍵となった。

気仙沼市内には気仙沼市発注の工事だけでなく、国土交通省、宮城県、都市整備公団など多様な発注者による復興事業が行われていたため、情報の集約・分配が複雑だった。

また、当現場は土砂、軟岩、硬岩を搬出していたことから、搬出時期と搬出量に加え土質も指定されることが多く、調整をより複雑化させた。

さらに、当現場はある程度の降雨でも掘削・運搬作業は可能だったが、受入現場では盛土の品質管理上、降雨時に受入を中止するが多かった。当現場の建設発生土の運搬日数の設定では、他現場の盛土工程（降雨による休止日数）を考慮していないため当現場の工程に影響を与えた。

その上、搬出先が遠方になると運搬時間が長くなり回転数が少なくなるため、必要となるダンプ台数を増やしたいのだが、ほぼ同時期に多くの復興事業が発注されていたため、ダンプトラックは需要過多な状況が続き、搬出先に応じてダンプ台数を変動させることが難しかった。運搬距離が長くなりすぎると掘削機械を最適に稼働させることができず、運搬距離が短くなりすぎるとダンプを最適に稼働させることができないという場合もあった。

## 2) 重量管理による二酸化炭素排出の低減

前述の通り限られたダンプ台数で効率的に運搬するためには、できるだけ正確に運搬土量を把握することが重要である。ダンプ個々における積載量の差異や長期運搬における日々の誤差の積み重ねは、

| 輸送の区分 |             | 燃費 (km/l)     |      |      |
|-------|-------------|---------------|------|------|
| 燃料    | 最大積載量 (kg)  | 営業用           | 自家用  |      |
| ガソリン  | 軽貨物車        | 9.33          | 10.3 |      |
|       | ~1,999      | 6.57          | 7.15 |      |
|       | 2,000kg 以上  | 4.96          | 5.25 |      |
| 自動車   | 軽油          | ~999          | 9.32 | 11.9 |
|       |             | 1,000~1,999   | 6.19 | 7.34 |
|       |             | 2,000~3,999   | 4.58 | 4.94 |
|       |             | 4,000~5,999   | 3.79 | 3.96 |
|       | 8,000~9,999 | 6,000~7,999   | 3.38 | 3.53 |
|       |             | 8,000~9,999   | 3.09 | 3.23 |
|       |             | 10,000~11,999 | 2.89 | 3.02 |
|       |             | 12,000~16,999 | 2.62 | 2.74 |

表-1 燃料別最大積載量別燃費  
(実測燃費が不明な場合)

運搬土量の把握の精度を低下させる。また、「地山土量」と「ほぐし土量」とで、土量は状態によって体積が変化する。ダンプ台数をもとにした土量管理は概算数量でしかない。

そこで、当現場ではトラックスケールを設置した。事前に、車両ナンバーと最大積載量、空車重量をメイン PC に登録し、ダンプ運転手には事前登録されたデータと紐づけしたカードを渡した。建設発生土を積みこんだ車両のカードを専用のカードリーダーにかざすことで積載重量（総重量－空車重量）を計量し、メイン PC で管理できるしくみを構築した。搬出するたびに、型式の異なる車両 1 台ずつの積載重量を記録し、土量を重量で管理した。トラックスケールを用いることで、最大積載量を超過することもなく、かつ、個々の車両がより適切な土量を運搬できるため、二酸化炭素排出量、排気ガス量を抑制することができた。

### 環境負荷低減量の試算例

土砂、軟岩、硬岩の加重平均比重 2.1t/m<sup>3</sup>  
 $76 \text{ 万 m}^3 \times 2.1 \text{ t/m}^3 \div 9 \text{ t/台回} = 177,333 \text{ 台回}$   
 平均運搬距離 5km  
 1 台当たりの積載率を 95% と仮定  
 $177,333 \text{ 台} \times (100-95)\% = 8,867 \text{ 台回}$   
 $8,867 \text{ 台回} \times \text{片道 } 5 \text{ km} \times 2 = 88,670 \text{ km}$

### 温室効果ガス排出量の算定方法 (環境省 HP より)

$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = \text{輸送距離} / \text{燃費} \times \text{単位発熱量} \times \text{排出係数} \times 44/12 = 88,670 / 3.09$  表-1  
 $/ 1,000 \times 2.58$  表-2 = 74.035 tCO<sub>2</sub>

| 対象となる排出活動 | 区分                                     | 単位                                     | 値           |
|-----------|--|--|-------------|
| 燃料の使用     | 原料炭                                    | tCO <sub>2</sub> /t                    | 2.61        |
|           | 一般炭                                    | tCO <sub>2</sub> /t                    | 2.33        |
|           | 無煙炭                                    | tCO <sub>2</sub> /t                    | 2.52        |
|           | コークス                                   | tCO <sub>2</sub> /t                    | 3.17        |
|           | 石油コークス                                 | tCO <sub>2</sub> /t                    | 2.78        |
|           | コールタール                                 | tCO <sub>2</sub> /t                    | 2.86        |
|           | 石油アスファルト                               | tCO <sub>2</sub> /t                    | 3.12        |
|           | コンデンセート (NGL)                          | tCO <sub>2</sub> /kl                   | 2.38        |
|           | 原油 (コンデンセートNGLを除く)                     | tCO <sub>2</sub> /kl                   | 2.62        |
|           | ガソリン                                   | tCO <sub>2</sub> /kl                   | 2.32        |
|           | ナフサ                                    | tCO <sub>2</sub> /kl                   | 2.24        |
|           | ジェット燃料                                 | tCO <sub>2</sub> /kl                   | 2.46        |
|           | 灯油                                     | tCO <sub>2</sub> /kl                   | 2.49        |
|           | <b>軽油</b>                              | <b>tCO<sub>2</sub>/kl</b>              | <b>2.58</b> |
|           | A重油                                    | tCO <sub>2</sub> /kl                   | 2.71        |
|           | B・C重油                                  | tCO <sub>2</sub> /kl                   | 3.00        |
|           | 液化石油ガス (LPG)                           | tCO <sub>2</sub> /t                    | 3.00        |
|           | 石油系炭化水素ガス                              | tCO <sub>2</sub> /1,000Nm <sup>3</sup> | 2.34        |
|           | 液化天然ガス (LNG)                           | tCO <sub>2</sub> /t                    | 2.70        |
|           | 天然ガス (液化天然ガスLNG除く)                     | tCO <sub>2</sub> /1,000Nm <sup>3</sup> | 2.22        |
|           | コークス炉ガス                                | tCO <sub>2</sub> /1,000Nm <sup>3</sup> | 0.85        |
|           | 高炉ガス                                   | tCO <sub>2</sub> /1,000Nm <sup>3</sup> | 0.33        |
|           | 転炉ガス                                   | tCO <sub>2</sub> /1,000Nm <sup>3</sup> | 1.18        |
| 都市ガス      | tCO <sub>2</sub> /1,000Nm <sup>3</sup> | 2.23                                   |             |

表-2 燃料の使用に関する排出係数  
(単位発熱量×排出係数×44/12)

# 建設リサイクルの現場レポート

重量管理をしなかった場合の積載率を仮に 95% とすると重量管理したことで CO<sub>2</sub> 排出量 74.035tCO<sub>2</sub> を削減できたことになる。

首都圏の建設発生土交換システムでは、ダンプトラック 1 台につき地山 5.55 m<sup>3</sup> の土砂券を介して搬出現場と指定された受入地が建設発生土のやりとりをしている。首都圏に多い関東ローム層は比重が軽い (1.4t/m<sup>3</sup>程度) ため、最大積載量まで積載することができない (5.55 m<sup>3</sup> × 1.4t/m<sup>3</sup> = 7.77t/台) という現状である。

## 現行システムにおける積載率の計算例

関東ロームの比重約 1.4 t/m<sup>3</sup>  
現行システムによる積載量 5.55 m<sup>3</sup>/台回  
 $5.55 \text{ m}^3/\text{台回} \times 1.4 \text{ t/m}^3 = 7.77 \text{ t/台}$   
 $7.77 \text{ t} \div 9 \text{ t} \times 100 = 86.3\%$

土質を考慮せず体積を一定とすると、積載率に上限を定めることとなってしまう、建設発生土のリユースを推進するためのシステムが、二酸化炭素排出量の抑制を鈍化させているという見方もある。

受入地によっては、ダンプトラックの荷姿を判断基準とし、荷台高さすりきりまでしか積載できない場合がある。ほぐし土量で荷台すりきりの場合、地山 5.55 m<sup>3</sup> よりさらに少量しか積載できないことになる。

## 3) 運行管理による二酸化炭素排出の低減

当現場では、運行管理システムとしてスマートフォンの GPS 機能を活用した。最適な運行経路を事前登録し、スマートフォンをダンプに搭載することで事務所内で各車両の位置を集中監視できるしくみとした。

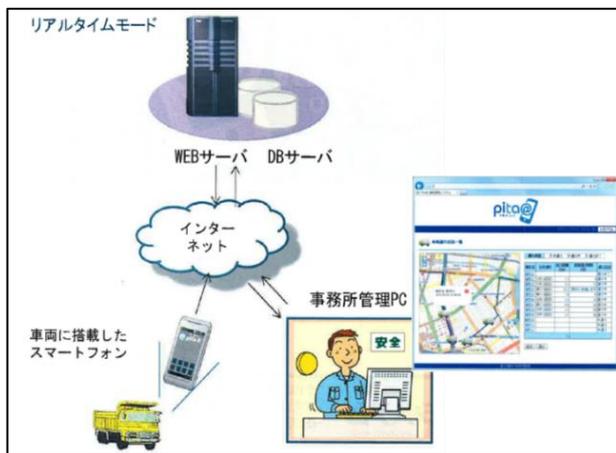


図-3 GPS 運行管理概念図

運搬先が複数個所ある日も交通状況に応じて台数の配分を修正することもできるため、渋滞緩和による環境側面の改善効果があった。

また、事前に通学路を登録することによりスマートフォンから注意喚起のアラートを発することができるので、二次的に交通災害の防止にも効果があった。

## 4) 硬岩の骨材としてのリユース

硬岩の一部は自走式破碎機を用いて碎石してから盛土材としてリユースするとともに場内の仮設道路材としても兼用した。土工事には場内仮設道路が必要となる場面が多々あるが、再生碎石を使用してつくった仮設道路は、完成時には再生碎石を撤去しなければ不法投棄と認識される恐れがある。硬岩を破碎した碎石は盛土材でもあるためそのまま残置できるので施工上もメリットがあった。このメリットが他現場から硬岩受入の要請が多かった理由のひとつと思われる。

## 2 盛土管理の ICT 化

気仙沼市の基幹産業である水産業を早急に復興して流出した住民を呼び戻すという発注者の強い要望により、工期短縮が求められていた。この要望に応えるべく約 46 万 m<sup>3</sup> の盛土工を早期実現するため、「締固め層厚の厚層化」を実施した。一般的には敷均し圧 20~30 cm で 11 t 級振動ローラによる転圧を行うが、起振力の大きな大型振動ローラを導入し 1 層の締固め厚さを 50 cm と厚くした。盛土施工に先立ち、試験盛土を実施して盛土の管理基準値 (締固め度  $D_c \geq 90\%$ ) を満たす転圧回数を決定した。施工は、ブルドーザにマシンガイダンスシステム、振動ローラに GPS 転圧管理システムを搭載し、ブルドーザは標高、振動ローラは転圧回数をリアルタイムで重機モニターに表示した。GPS による管理システム概念図を図-4 に示す。振動ローラに搭載した GPS 転圧管理システムは、位置情報、高さ情報、転圧回数情報を web 上に随時転送し、記録できるしくみである。本システムを使用することによって層厚、転圧回数とも均質かつ

# 建設リサイクルの現場レポート

過不足のない正確な施工とブルドーザ、振動ローラの最適な稼働を実現できるため、二酸化炭素や排気ガスの余分な排出を抑えることができた。

これらの ICT 化施工により、層厚を 50 cm と厚層化した場合、通常の施工層厚 30 cm の場合に比べて、敷均し総面積を 60% に縮減し、盛土の施工効率が 1.6 倍向上した。さらに手間にかかるトンボ丁張は最終仕上がり面にのみ設置すればよく、盛土高さ管理にともなう重機の待機時間も削減できた。

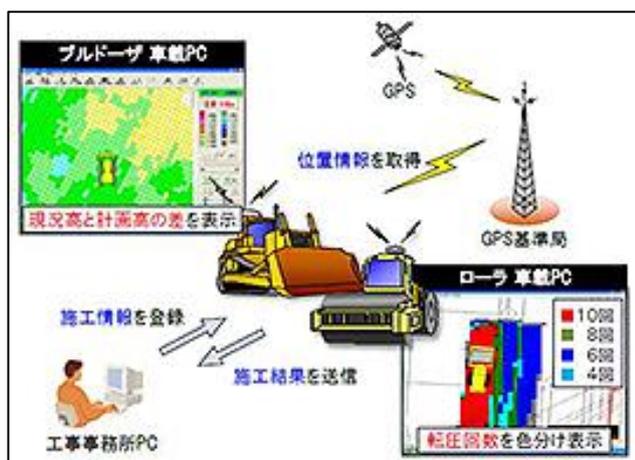


図-4 GPS 施工管理システム概念図

## 3 自ら利用

津波により上屋が流され、残置された家屋・工場の基礎コンクリート(約 2,500 m<sup>3</sup>)は、産業廃棄物として搬出して中間処理施設でリサイクルするのではなく、現場内に自走式破砕機を設置し再生砕石として自ら利用した。「自ら利用」は技術提案として提示した事項だったため、発注者の承諾も得られており速やかに取り組むことができた。

### 1) コンクリート殻のリサイクル

自ら利用するうえでの課題は、撤去物を廃棄物と捉えるかリサイクル材の原材料と捉えるか目的に応じて適用される法律が異なること、廃掃法に加え自治体ごとの条例とその見解が異なることである。このことから施工者は法令等遵守に細心の注意が必要である。

当現場も仮設道路の材料として「自ら利用」の再生砕石を利用したかったのだが、仮設材として再生砕石を使用すると、撤去しなければ不法投棄と認識される恐れがあった。そこで、当現場では、主に本設工事の擁壁の埋戻し材として再生利用した。

施工順序は、点在する基礎コンクリートの撤去後、地盤改良を行い、そのあとプレキャスト L 型擁壁を設置し再生砕石を埋戻すという流れである。施工上の課題は、コンクリート殻の発生時期と再生砕石の使用時期にタイムラグがあったことと、撤去箇所から仮置ヤードまでコンクリート殻を場内運搬し、仮置ヤードで小割・鉄筋分別してから自走式破砕機で製造された再生砕石を埋戻し箇所までもう一度場内運搬しなければならなかったことである。このように「自ら利用」を実施するためには、点在する家屋基礎の位置、地盤改良の施工順序、約 1 km の擁壁工の施工順序、再生砕石を仮置きした箇所の盛土施工順序等の計画が必要である。仮置ヤードの位置と期間を的確に計画しないと後施工の支障となり、それを回避するために無駄な場内運搬が生じてしまうからである。単にコンクリート殻を産業廃棄物として搬出し、施工のタイミングで砕石を購入する場合と比較すると、自ら利用するための計画等を負担に感じる現場もあるかもしれない。



写真-4 自走式破砕器による再生砕石製造状況

# 建設リサイクルの現場レポート

## 2) 自ら利用による二酸化炭素排出の低減

### 環境負荷低減量の試算例

撤去コンクリートの比重  $2.4t/m^3$   
 $2,500 m^3 \times 2.4t/m^3 \div 9t = 666$  台  
 現場と中間処理場までの運搬距離約 6km  
 $666 \text{ 台} \times 6\text{km} \times 2 = 7,992\text{km}$   
 購入再生砕石の運搬距離約 6km  
 $666 \text{ 台} \times 6\text{km} \times 2 = 7,992\text{km}$   
 場内運搬距離 0.5km、(撤去箇所～仮置ヤード、仮置ヤード～埋戻箇所の 2 回移動)  
 $666 \text{ 台} \times 0.5\text{km} \times 2 \times 2 \text{ 回} = 1,332\text{km}$   
 よって  
 $7,992\text{km} + 7,992\text{km} - 1,332\text{km} = 14,652\text{km}$

### 温室効果ガス排出量の算定方法 (環境省 HP より)

$CO_2$  排出量 = 輸送距離 / 燃費  $\times$  単位発熱量  $\times$  排出係数  $\times 44/12 = 14,652 / 3.09$  表-1  
 $/ 1,000 \times 2.58$  表-2 =  $12.233tCO_2$

上記の通り、場内運搬しながら「自ら利用」した結果、コンクリート殻を中間処理施設まで運搬し、のちに購入する骨材を運搬する場合より、 $CO_2$  排出量  $12.233t CO_2$  を削減できた。ただし、購入骨材運搬に係る  $CO_2$  排出量は現場でカウントしないため数値上は  $5.561tCO_2$  となる。

## 4 資材選定・施工方法の工夫によるリデュース

### 1) ヒューム管を FRPM 管に変更

雨水排水管としての管渠工 ( $\phi 250 \sim \phi 1,200$  mm 約 2,500m) は発注時にはヒューム管を使用する設計だった。同時期に集中した復興事業により、資材、機材、人材など全てが逼迫かつ高騰している中、ヒューム管も例外ではなかった。そこで当現場は比較的入手が容易な FRPM 管に着目した。FRPM 管はヒューム管と比べて粗度係数が小さいため、流量計算の結果次第では管径を 1 サイズ縮小することが可能となった。設計単価はヒューム管が最も安価であったが、上記の理由で管径をサイズダウンすることも含め、実勢価格が高騰したヒューム管と FRPM 管の差額は設計単価ほど大きくなかったことも採用できた一因である。

FRPM 管はあらかじめ割付図を作成し、

規格長さの管と特注長さの管を組み合わせるため、ヒューム管のように規格長さの管を現場で切断して廃棄する必要がない。廃棄物の発生を抑制することができる。また、重量も FRPM 管の方が軽いため、作業性に優れており、産業廃棄物の運搬・処分費用も含め総合的に FRPM 管とヒューム管に大差はなく、リデュースという観点において FRPM 管は優れた材料と考える。付け加えると、雨水排水管ではなく、目的が下水管であれば、耐硫酸性が高いため維持管理の期間も考えると長寿命化も期待できる。

### 2) ボックスカルバートを台付け管に変更

雨水排水管としての函渠工の一部 ( $500 \times 600$ 、 $600 \times 700$  延長 110m) は発注時にはボックスカルバートを使用する設計であったが、調達状況はヒューム管と同様に困難であったことから、当現場は台付け管に着目した。台付け管は基礎コンクリートが不要で砕石と敷モルタルに直接設置できるため、基礎コンクリートおよび基礎コンクリートのための木製型枠を削減できた。環境側面だけでなく、基礎コンクリート工程を省略できること、1 本の長さがボックスカルバート 2 m/本に対して台付け管 2.5m/本と長いことなどにより、工程を短縮するメリットもあった。

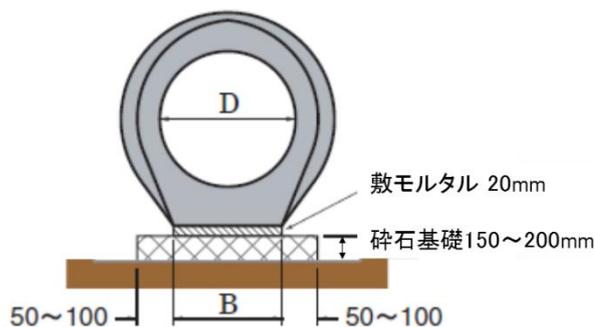


図-5 台付け管断面図

### 3) 木製型枠を鋼製型枠に変更

場所打ち擁壁  $h=7.5m$ 、 $L=156m$  の型枠として、鋼製型枠を採用することで、約  $2,500 m^2$  の木製型枠を削減した。

### 4) 現場打ち集水桝をプレキャストに変更

U 字溝による雨水排水管を接続する集水桝を現場打ちコンクリートからプレキャスト

# 建設リサイクルの現場レポート

トコンクリートにすることで、木製型枠の削減とミキサー車運搬による二酸化炭素排出を削減した。

## 5) 現場打ちボックスカルバートの打設回数を低減

通常、底版コンクリートの打設後、壁・スラブの順に3回コンクリートを打設するが、支保工を工夫することで底版・壁・スラブを1回で打設した。コンクリートポンプ車の運搬回数を減らすことで二酸化炭素排出量を低減することができ、また、打継目をなくすことでレイタンス処理によるアルカリ性排水もなく、品質上も壁部に発生しやすいひび割れを防止することができた。

## 6) 打継処理剤によるアルカリ性排水の削減

場所打ちL型擁壁工は底版コンクリート打設後、側壁コンクリートを打設するため、打継処理が必要である。NETIS登録のジョイントエースを使用することで、アルカリ性排水を削減できた。

## 5 おわりに

今後も益々環境に配慮して工事に取り組まなければならない社会状況であることを鑑み、気仙沼赤岩港造成工事を通して感じた課題を以下にまとめる。

①建設発生土のリユースは、復興事業に限った課題ではなく全国的に共通する課題である。建設発生土のリユースを円滑に実施するためには、計画的なマッチングが必要不可欠である。

また、二酸化炭素や排気ガス等の排出量を抑制するためには、体積管理するのではなく、1度の積載量をできるだけ最大積載量に近づけ、総走行距離を最小にするよう管理する必要がある。そのためには重量管理が有益と考える。

②自ら利用は、産業廃棄物および購入資材の搬出入に係る二酸化炭素、排気ガス等の排出量を削減できる。リサイクル材の原料となる撤去物が発生するタイミングと再生材料として現場内で再利用するタイミングは合わないことが多いが、仮置場への運搬過程で発生するものを差し引いても、自ら利用は二酸化炭素、排気ガス等の排出量削

減に有効な手段と考える。

また、自ら利用をより促進するためには、リサイクル材と産業廃棄物の定義をより明確にすることが必要と考える。再生砕石の場合、用途によっては本工事材料として設計に採用されることが一般的となってきた一方、仮設工事で再生砕石を利用する場合は、最終的に撤去しなければ不法投棄物と扱われる恐れがあり、扱いづらい一面がある。

同様にリサイクル材原材料と産業廃棄物の定義もより明確となると自ら利用の促進につながる。自ら利用の過程で、公道を走行して撤去材を仮置場まで運搬する場合、産業廃棄物の収集運搬委託契約が必要であるが、再生砕石の原材料と認識すると廃棄物ではなくなる。

リサイクル材原材料およびリサイクル材と産業廃棄物について法令等の見解を簡潔にできれば自ら利用はより促進できると考える。

③資材変更やICT化施工の導入には、設計変更協議やVE提案の申請等が伴う。その結果、工事費は増減することになるが、その判断基準として直接的な工事費用だけでなく環境負荷への影響も併せて評価軸とできないだろうか。大型ごみ処分は有料、ごみ袋さえも有料な自治体があり、一般社会においても環境負荷低減のためにコストがかかることは浸透している。今後は、工事費と環境負荷低減量を総合的に判断することも重要と考える。

最後に資機材も人材も不足・高騰し、そのうえ工期短縮を求められるような復興事業でも、3R活動を推進することができ、平成29年度3R推進功労者等表彰・国土交通大臣賞受賞を授与することができた。ご理解・ご指導いただいた発注者の方々、ならびにご指導・ご協力いただいた社内外関係者の方々に感謝申し上げたい。小さな活動を積み重ねる現場ごとの意識が3R活動推進の原動力であることをご理解いただくと幸いである。

## 乾電池のリサイクル (使用済み乾電池は都市鉱山)

中島 秀文  
東京製鐵株式会社 岡山工場 環境リサイクル事業担当

キーワード：乾電池、リサイクル、使用済み、電気炉、製鉄、資源循環

### 1. はじめに

東京製鐵株式会社（以下「当社」）は、平成 28 年 6 月岡山工場において廃棄物処分業の許可を得て使用済み乾電池の一般廃棄物処理及び産業廃棄物処分業の許可を得て、使用済み乾電池を鉄鋼製品や亜鉛原料等にリサイクルする事業を開始しました。平成 29 年度には約 1,000 トンの乾電池をリサイクルし、今年度（平成 30 年度）は自治体との契約のみでも 1,500 トンを超える乾電池をリサイクルします。（写真 1、写真 2）

また、今年 8 月からは環境省の許可を受け、ニュージーランドからも乾電池のリサイクルを受託しました。ニュージーランドでは使用済み乾電池は全て埋め立てされていますが、資源リサイクルの機運が高まるなか自国内に乾電池リサイクルの施設が無いため当社で請け負うこととなりました。

乾電池リサイクルの仕組みを説明する前に当社の事業について、またなぜ当社が乾電池リサイクルを始めたかについて説明します。

### 2. 乾電池リサイクルの目的

当社は建築物や橋梁等で多く使用されている H 形鋼や鉄筋棒鋼等を生産しています。写真 3 - A ~ D は当社の条鋼製品です。

これら製品を当社では、市井での役目を終え集められた鉄スクラップを 100%原料として製造しています。昭和 9 年の創業以



写真 1 使用済み乾電池が入ったドラム缶の受入れ



写真 2 ドラム缶の中（使用済み乾電池）

来鉄スクラップのリサイクルを連綿と続けてきた会社です。

戦後の高度経済成長の鉄不足の時期には

## ほっとひと息 おとなりさんのエコ

鉄スクラップを輸入、加工し国内に鉄鋼製品を供給してまいりました。時代はバブルの真っ盛り（1988年頃）日本で発生する鉄スクラップの量は、国内で使用される量を上回り余剰となってきました。この余剰となった鉄スクラップを有効活用するために、当時鉄スクラップから生産されていなかった薄板（写真4-A：ホットコイル）の生産を1991年に開始しました。最小厚み0.3mmのメッキ鋼板まで製造し、建設関係はもちろん、現在自動車向けや家電に多く利用して頂いています。（写真4-A～C、写真4-Dはホットコイルを自社で加工した角形鋼管です。）

当社の原料となる鉄スクラップは貴重な国内資源（都市鉱山）です。埋蔵量は14億トと言われ、国民一人当たり10ト以上の鉄

資産です。この鉄資源に着目すると、実は有価で取引されている鉄スクラップの他に、廃棄物として地面に埋め立てられるものや、放置されまったく有効活用されない鉄資源がある事がわかりました。その一つが乾電池です。

乾電池にはその重さの約20%鉄が使われていますが、鉄以外のものが多く有価で鉄スクラップとして購入できません。しかし乾電池には貴重な輸入金属である亜鉛やマンガンや多く含まれており、当社の電気炉で溶解処理することでそれらも有効にリサイクル出来ることがわかりました。

廃棄物として使用されない鉄資源を有効活用しようと考えのなか、まずは乾電池のリサイクルから取り掛かりました。



写真3-A H形鋼



写真3-B 溝形鋼

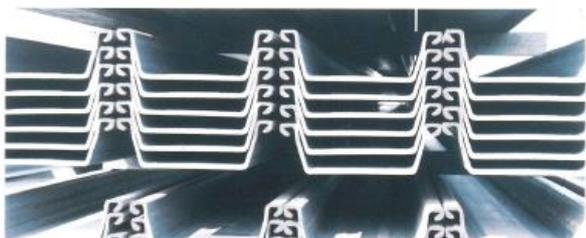


写真3-C 鋼矢板



写真3-D 異形棒



写真4-A 熱延広幅帯鋼 (ホットコイル)



写真4-B 溶融亜鉛メッキコイル



写真 4-C 熱延鋼板 (カットシート)

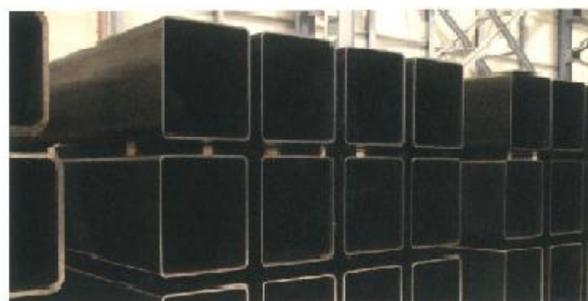


写真 4-D 角形鋼管 (トウテツコラム)

### 3. 乾電池の構造とリサイクルの状況

私たちが単一、単二、単三と呼んで懐中電灯や掛け時計他にいろいろ使われている電池には、鉄、亜鉛、二酸化マンガンといったリサイクルに適した金属が含まれています。それぞれ鉄 20%、亜鉛 20%、二酸化マンガン 30%、その他は燃焼するプラスチック、紙、炭素です。(図 1)

充電式の電池が多く使われるようになった現在でも、日本人一人当たり一年間に 0.5kg 使用しています。(単三電池だと 24 本、単一電池だと 5 本くらいです。)意外に使っていると思いませんか。実は家庭以外の工場や商店、工事現場の使用も多いようです。例えば工場で使用する懐中電灯や、レストランのトイレに設置している消臭機ファンの電源等。建設関係では今年高速道路工事の案内表示板で使われた乾電池を約 1 トリサイクルさせて頂きました。

この 1 トリは一つの現場の一年分だそうです。量の多さにビックリしました。この記事を読んで頂いている皆様の建設現場ではどのくらいの量が発生しているのでしょうか? ぜひリサイクルをお願いします。

さて、これら使用済みの乾電池の行先ですが 70%は埋め立てされ 20%が焼却処理されています。埋め立てされた乾電池はこの先資源として使われることはありません。また焼却された乾電池の鉄分は辛うじて焼却灰から磁石で取り出されるものの、その鉄は著しく酸化(鉄が錆びた状態)が進んでおり、鉄鋼製品にリサイクルするにはより多くのエネルギーが必要となります。

循環型社会形成が話題になり 20 年近く経ちますが、乾電池のリサイクルはこれからです。

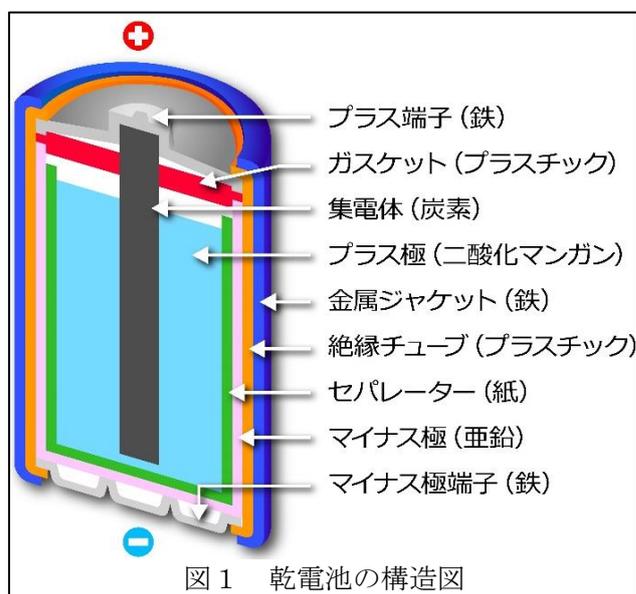


図 1 乾電池の構造図

### 4. 電気炉による乾電池リサイクル

#### について

鉄スクラップから鉄鋼製品を作る第一段階に、鉄スクラップを電気炉で溶解する工程があります。乾電池のリサイクル処理はこの電気炉で行われます。(図 2 の A の部分)

この電気炉は耐火物の容器の中に鉄スクラップを入れて、大きな電力で発生させるアーク放電の熱をぶつける(伝える)ことで温度を上げて溶かしていきます。アーク溶接機を見たことのある方は多いと思いますが、まさにその溶接機をとつともなく大きくしたような装置です。アークの温度は 5,000℃以上あり、このエネルギーで当工

場の場合は1回に220トンの鉄を1時間で溶かしています。溶けた鉄の温度は約1,600℃です。

乾電池は鉄スクラップと一緒に電気炉で溶かされそれぞれの成分に分けられてリサイクルされます。

当社岡山工場の乾電池リサイクル工程を図3に示します。また、このあとに少し詳しくその工程について説明します。

**(鉄について)**

乾電池の外皮に使われている鉄は1,600℃の温度で溶かされ図2の製鉄工程で鉄鋼品にリサイクルされます。つまりH形鋼や薄板にリサイクルされます。

乾電池に使用されている鉄はほとんど酸化していないので非常に高品質な鉄原料です。

**(亜鉛について)**

乾電池の負極側（マイナス）に使われている亜鉛は、420℃で溶け始め、約900℃で蒸発します。ですから電気炉内では亜鉛は鉄が溶け始めるより先に亜鉛蒸気となってしまいます。ではどこに行くのでしょうか？ 電気炉には溶かす際に発生する粉塵を取り除き排気をきれいにするために集塵機が設置されています。この粉塵はダストと呼ばれていますが、これには亜鉛が30%以上含まれています。つまり電気炉から発生するダストは亜鉛鉱石になっているのです。実は電気炉で溶かす鉄スクラップには亜鉛が沢山付着しています。なぜかと言うと世の中で使われている鉄鋼製品の多くは錆を防ぐための亜鉛メッキをしたものが多いからです。一番の例が自動車のボディです。きれいに塗られた塗装の下にはしっかりと亜鉛メッキされています。

このダストは亜鉛精錬会社に送られもう一度亜鉛製品としてリサイクルされます。実は国内で使用されている亜鉛製品の1割

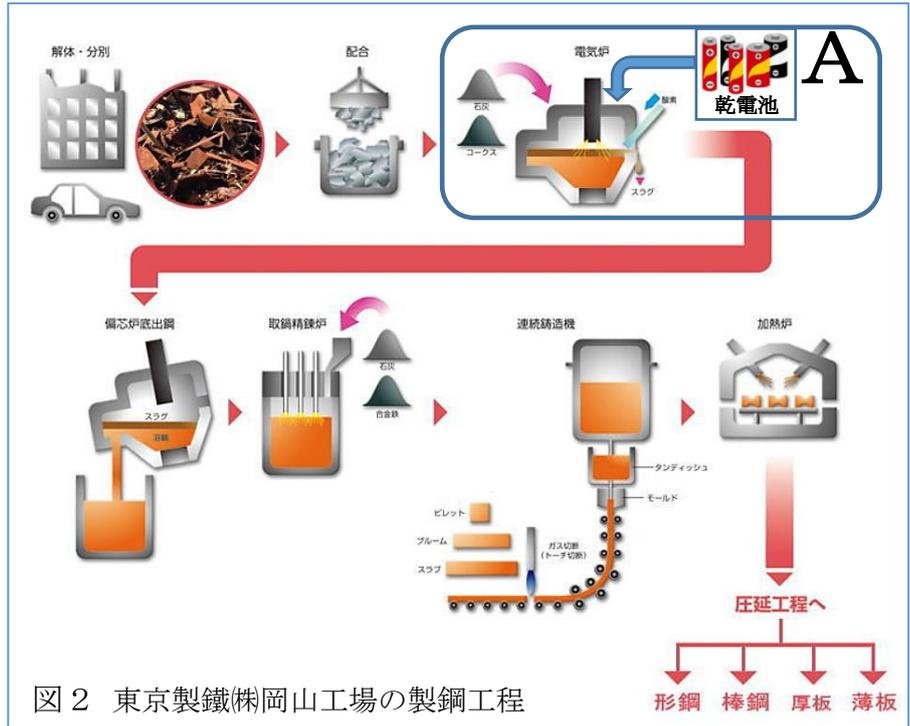


図2 東京製鐵(株)岡山工場の製鋼工程

はこうしてリサイクルされた亜鉛です。つまり乾電池を電気炉で溶かすと、従来から確立された亜鉛リサイクルの流れに乗せることができます。乾電池のリサイクルを開始して以降、当社の発生ダストの亜鉛は約3%アップしています。

**(二酸化マンガンについて)**

電池で正極（プラス）に使われている二酸化マンガンも鉄と同じように高温で溶解します。乾電池に含まれる二酸化マンガンは、その名の通り酸素と結合しているためそのままでは鉄の中に溶け込みません。その為電気炉で浮上分離された不純物と一緒にスラグとして排出され、路盤材として道路の敷設工事等でリサイクル使用されます。しかし電気炉の操業の工夫により二酸化マンガンの一部は酸素が分離され鉄鋼製品のマンガン成分として使われるようになって来ています。マンガンには鉄に強度や粘りを持たせる性質があり、鉄鋼製品には不可欠な成分です。例えばH形鋼や異形棒鋼であれば0.4~0.7%程度、さらに強度が求められる鉄鋼製品には1%を超え含まれています。鉄鋼製品のマンガン成分としてより有効に利用していくことが次の大いなる課題です。

(紙、プラスチック、炭素)

乾電池内の被覆や絶縁に使用されている紙、プラスチックは溶解時に燃焼して鉄スクラップに熱を伝えることで、溶解に使用する電力を削減するサーマルリサイクルになります。また正電極として使用されている炭素(棒)は、先の酸化マンガンの酸素を取り除く還元剤としても使われます。

5. リサイクルの費用について

乾電池のリサイクルには費用が発生しています。これは乾電池の輸送費や管理にかかる費用、乾電池を溶解するために必要なエネルギーの費用です。しかしながら当社では鉄鋼製品を製造する設備をそのまま使っているため設備費は最小限に抑えられ低コスト化ができています。鉄、亜鉛、マンガンは貴重な資源です。将来これら資源価格の変動や電気炉でのリサイクル効率が高まることで使用済み乾電池が廃棄物から有価物(お金を払って購入するもの)に変わる可能性もあると考えています。鉄鋼技術の一つとして当社も追求していきたいと思っています。

6. 建設リサイクルを

お読みの方へのお願い

最後に本記事をお読み頂いている建設関係の皆様へのお願いです。先に書いたように使用済み乾電池の多くは、いまだリサイクルされることなく埋め立て等の処理をされています。当社を含め我々電気炉業界でお預かりすることにより、乾電池は再び資源として蘇ることとなります。本事業開始から約1,800トンの乾電池をリサイクルしてきましたが、そのほとんどが自治体で収集された一般廃棄物でした。企業から産業廃棄物としてリサイクルを受託した数量は48トンと全体の3%にも満たない量です。建設業界からは1件、1トンのみです。

建設業界の皆様におかれましてはぜひこのような乾電池リサイクル方法があることを知って頂き我々を利用して頂ければと思う次第です。

以上

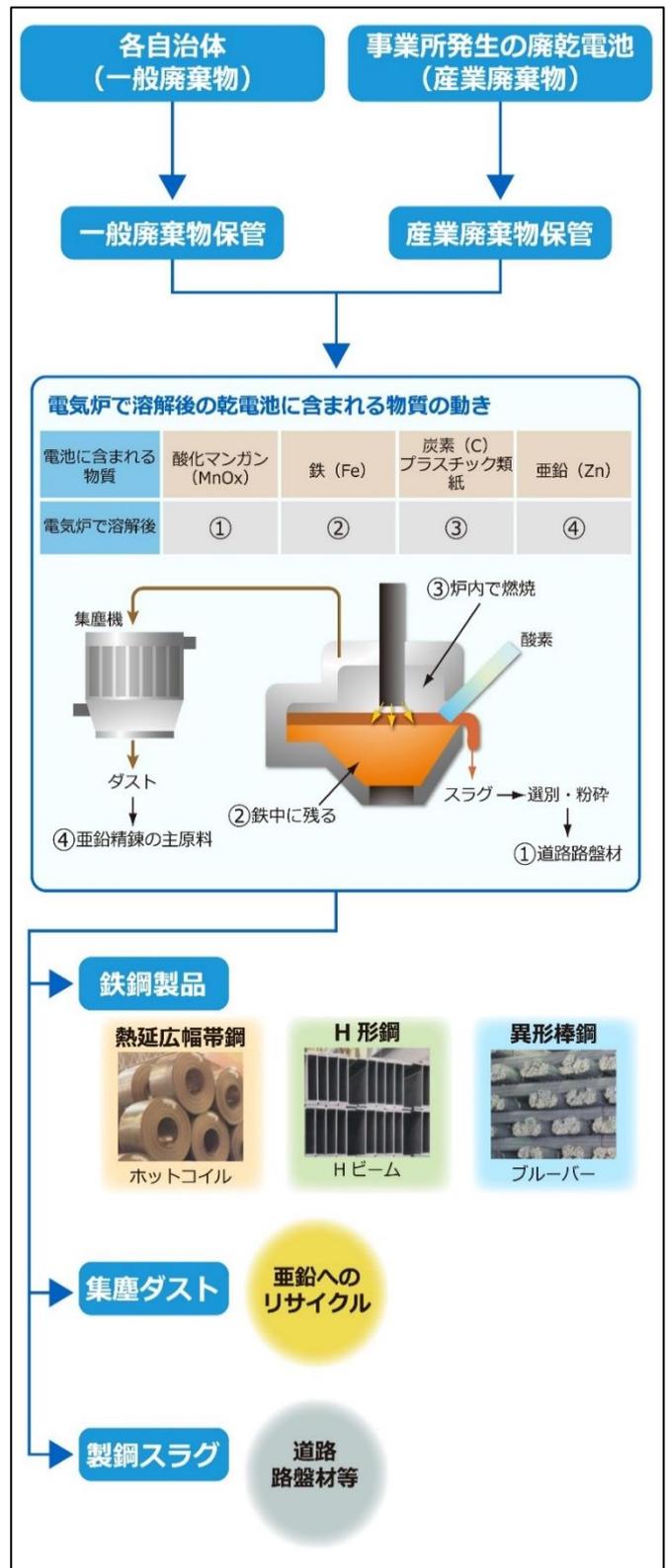


図3 東京製鐵(株)岡山工場の乾電池リサイクル工程

# 建設リサイクルQ&A

## 建設現場における 委託契約やマニフェスト等について

建設副産物リサイクル広報推進会議 事務局

**Q 1.** 元請業者（A）より建設廃棄物処理を伴う工事を下請業者（B）が請負いました。この場合、排出事業者はどちらになるのですか。

**A 1.** 原則として、元請業者（A）が排出事業者になります。

また、下請事業者（B）が廃棄物処理を行うとすれば廃棄物処理業の許可を必要とし、A・B間で処理委託契約を締結する必要があります。

**Q 2.** 排出事業者が収集運搬業者に収集運搬費と処分費の両方を支払い、収集運搬業者から処分業者に処分費を支払うようにした場合委託基準違反になりますか。

**A 2.** 廃棄物処理法では、排出事業者は、収集運搬業者・処分業者それぞれと書面による委託契約を締結することが義務付けられています。

処理費の支払方法については、法的に明文化されていませんが、不適正処理を防ぐために個々の契約に基づいて支払うのが望ましいでしょう。

**Q 3.** 工事現場からでる発生土（残土）は処理委託契約書及びマニフェストの発行が必要ですか。

**A 3.** 建設発生土のみであれば産業廃棄物に該当しないので、産業廃棄物処理委託契約及びマニフェストの発行は必要ありません。

**Q 4.** 元請けの解体業者がコンクリートがらをリサイクル販売する場合マニフェストは必要ですか。

**A 4.** その解体業者が収集運搬、中間処理をして有価で販売する場合はマニフェストは必要ありません。ただし、一部下請けにさせる場合はマニフェストが必要です。

**Q 5.** 建物解体の際、建家内に残存する廃棄物は産業廃棄物、一般廃棄物のどちらですか。

**A 5.** 建物内に残存する家具類や電気機器類等の廃棄物については「[建築物の解体時等における残置物の取扱いについて（通知）](#)」（[環境適発第1806224号](#) [環境規発第1806224号](#) 平成30年6月22日付）を参考にしてください。

なお、これらの廃棄物の排出事業者は、残存物の持ち主である発注者となります。

**Q 6.** マニフェストに記載する数量は、計測して記載する必要がありますか。

**A 6.** 運搬車に積み込む時点で計測が困難な場合は、おおよその数量記載で差し支えありません。重量単位の記入のほか、立法メートル単位、荷姿単位でもかまいません。処分業者との契約において記載単位の協議をして下さい。

**Q 7.** 専ら物を運ぶ場合、マニフェストは必要ですか。

**A 7.** 産業廃棄物の処理（中間処理）委託となりますので、マニフェストを使用する必要があります。有価物あるいは、もっぱら再生利用の目的となる産業廃棄物（古紙、くず鉄（古銅等を含む）、あきびん類、古繊維）を専門的に扱っている業者に引き渡す場合は、マニフェストは必要ないとされています。しかし、この場合であってもマニフェストを使用の方が望ましいでしょう。

**Q 8.** 産業廃棄物をリサイクルするために再生業者に委託しているが、この場合でもマニフェストを使用しなければならないですか。

**A 8.** たとえ、リサイクルされているものであっても、産廃に変わりはありませんので、マニフェストを使用する必要があります。有価物あるいは、もっぱら再生利用の目的となる産業廃棄物（古紙、くず鉄、（古銅等を含む）、あきびん類、古繊維）を専門的に取り扱っている業者に引き渡す場合は、マニフェストは必要ないとされており、しかし、この場合であってもマニフェストを使用の方が好ましいでしょう。

**Q 9.** 電線、ケーブル、ダンボール等を処分業者が無償で再生を目的として受け入れる場合は、これらは産業廃棄物となりますか。

また、マニフェストの使用はどうなりますか。

**A 9.** 産業廃棄物であるがこれらの品目を専ら再生物の扱いで再生専門業者に引き渡す場合は、マニフェストを使用する必要はありません。

ただし、無償の場合には廃棄物とみなされ委託基準が適用されるため処理委託契約は必要です。

参考文献：[一般社団法人 えひめ産業廃棄物協会ホームページ](#) より引用

# インフォメーション

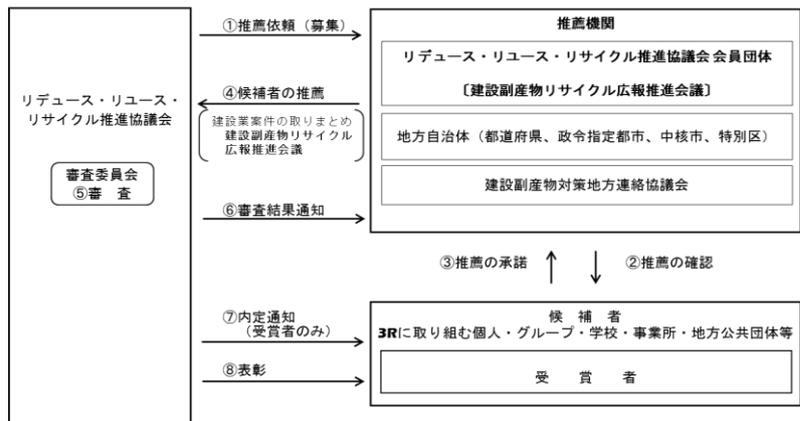
## 平成 30 年度 リデュース・リユース・リサイクル推進功労者等表彰

本表彰はリデュース・リユース・リサイクル（3R）推進協議会が毎年実施している表彰です。表彰対象は、循環型社会の形成に向け、廃棄物等の3Rに率先して取り組み、資源の有効利用、環境への負荷の低減に継続的な活動を通じて顕著な実績を挙げている「個人・グループ・学校」及び「事業所・地方公共団体等」です。

平成30年度の受賞件数は右記のとおりであり、平成30年10月30日にKKRホテル東京で表彰式が開催されました。

建設業関係の受賞者は次のとおりです。

表彰制度のスキーム



平成 30 年度の受賞件数

| 賞の種類       | 全産業 | 建設業 |
|------------|-----|-----|
| 内閣総理大臣賞    | 2件  | 0件  |
| 関係府省大臣賞    | 9件  | 5件  |
| 3R推進協議会会長賞 | 33件 | 22件 |

【賞の種類】

- 内閣総理大臣賞
- 関係府省大臣賞
- 経済産業大臣賞、環境大臣賞、国土交通大臣賞、厚生労働大臣賞、農林水産大臣賞、文部科学大臣賞、財務大臣賞
- リデュース・リユース・リサイクル推進協議会会長賞

### 国土交通大臣賞 受賞者

|      |  |
|------|--|
| 受賞者  | 株式会社竹中工務店 東京本店 安全環境部                                 |
| 実践場所 | 東京本店管轄全作業所(東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、茨城県、栃木県、群馬県、新潟県、長野県、山梨県) |
| テーマ  | 人体に有害な廃石綿(アスベスト)の無害化・リサイクル処理の推進                      |

|      |  |
|------|--|
| 受賞者  | 株式会社竹中工務店 九州支店<br>イオンモール熊本増床活性化工事            |
| 実践場所 | 熊本県上益城郡嘉島町                                   |
| テーマ  | 震災復旧工事における産業廃棄物(コンクリート魂・建設汚泥等)の効果的リサイクル活動の推進 |

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| 受賞者  | 戸田建設株式会社 札幌支店<br>函館国際ホテル耐震補強・建替工事 |
| 実践場所 | 北海道函館市                            |
| テーマ  | 既存建物の減築による再利用                     |

|      |   |
|------|---|
| 受賞者  | 株式会社熊谷組 関西支店<br>(仮称)グランドメゾン夙川千歳町新築工事<br>積水ハウス株式会社<br>大阪マンション事業部 |
| 実践場所 | 兵庫県西宮市  |
| テーマ  | 発注者・優良産廃業者と連携し、独自チェックリストを活用した小規模工事での3R活動                        |



|      |   |
|------|---|
| 受賞者  | 秋葉建設興業株式会社 阿賀野バイパス17工区改良その15工事 秋葉建設興業株式会社 小里作業所 |
| 実践場所 | 新潟県阿賀野市   |
| テーマ  | 『現場発生材の再利用率100%の実現を目指して!』                       |

# インフォメーション

## リデュース・リユース・リサイクル推進協議会 会長賞 受賞者

|    | 受賞者  | テーマ   |
|----|--|---|
| 1  | 株式会社竹中工務店 東京本店<br>江東区立（仮称）第二有明小・中学校新築工事作業所                       | 公立小・中学校の新築工事における新技術開発を用いた3R活動の実施                      |
| 2  | 株式会社竹中工務店 東京本店<br>国分寺駅北口第一種市街地再開発事業施設建築物新築工事作業所                  | 大規模新築工事作業所で行う、最終埋立処分量を徹底的に削減する3R活動への挑戦と実施             |
| 3  | 株式会社竹中工務店 東京本店 安全環境部<br>東京竹和会産廃処理分科会                             | 産廃処理会社と連携した作業所3R活動支援体制の構築と継続的活動及び活動成果                 |
| 4  | 株式会社竹中工務店 名古屋支店<br>（仮称）錦二丁目計画作業所                                 | 大規模プロジェクトにおける3R運動に対する徹底した作込みと実施及びレガシーの試み              |
| 5  | 株式会社竹中工務店 大阪本店<br>（仮称）大阪府中央区北浜二丁目計画新築工事                          | 「狭小敷地に立地する超高層集合住宅工事における3R活動の実施」                       |
| 6  | 株式会社鴻池組 鳥取西道路気高第2トンネル工事  | 「トンネル工事における環境への影響低減への取り組み」                            |
| 7  | 松井建設株式会社 東京支店<br>（仮称）特別養護老人ホーム杉並区宮前園新築工事                         | 住宅街での建設工事から発生する環境影響の低減                                |
| 8  | 戸田建設株式会社<br>新名神高速道路箕面インターチェンジ中工事作業所                              | 橋脚工事における工業化型枠とプレキャスト製品による産廃処分量の削減と環境負荷低減              |
| 9  | 東洋建設株式会社 関東建築支店<br>ロジスクエア春日部倉庫新築工事                               | 建設汚泥の現場内利用と産業廃棄物を代替エネルギーとして使用                         |
| 10 | 新日鐵住金株式会社 君津製鐵所 資源化推進部<br>東亜建設工業株式会社 千葉支店<br>君津市<br>千葉県漁業協同組合連合会 | 浚渫した底泥を製鋼副産物で改質したリサイクル土質材料及び鉄鋼副産物で製造した人工石材による海域環境改善   |
| 11 | 西松建設株式会社 関東土木支社 湯船原工事事務所<br>新東名高速道路 湯船原トンネル工事                    | 土工事及びトンネル工事におけるCO <sub>2</sub> 削減・3R活動                |
| 12 | 西松・浅沼建設共同企業体 和泉建築出張所   | 『医療施設建設工事における環境負荷低減に向けたさまざまな3R活動』                     |
| 13 | 西松建設株式会社 関東建築支社<br>大井南再開発工事事務所                                   | 「エコ現場宣言～環境負荷低減に向けた3R活動」                               |
| 14 | 西松建設株式会社 いわき工事事務所  | 大規模商業施設新築工事における、地域環境に配慮した3R活動・CO <sub>2</sub> 排出量削減活動 |
| 15 | 西松建設株式会社 九州支社 宇土作業所  | 熊本地震にて被災した庁舎における書類回収と解体工事について                         |
| 16 | 五洋建設株式会社 名古屋支店<br>新名神高速道路四日市中工事工事事務所                             | 高速道路本線盛土工事における、環境保全・廃棄物削減の取り組み。                       |
| 17 | 三井住友建設株式会社 （仮称）八王子計画新築工事   | 多種にわたる環境配慮活動とICT活用の取り組み                               |
| 18 | 三井住友建設株式会社 中部支店 鷺見橋作業所   | 高橋脚を有する橋梁建設工事における3R活動への取り組み                           |
| 19 | 株式会社長谷工コーポレーション<br>（仮称）フージャースケアデザインちはら台新築工事                      | 高齢者対応住宅における工業化工法採用による廃棄物の削減と元請・協力会社が一体となった3R活動の推進     |
| 20 | 株式会社長谷工コーポレーション<br>（仮称）プレミスト日本橋浜町新築工事                            | 都心狭小敷地のマンション建設工事における廃棄物の発生抑制と混合廃棄物の削減                 |
| 21 | 株式会社鴻池組 大阪本店<br>（仮称）グランドメゾン内久宝寺町2丁目タワー計画に伴う解体工事                  | 「住宅密集地における既存建物の基礎解体に伴う3Rの取り組み」                        |
| 22 | 株式会社竹中工務店 エンジニアリング本部<br>株式会社アサヒファシリティーズ名古屋センタービル事業所              | 「ごみの見せる化」システムの開発とテナントオフィスビルへの導入・啓発活動による環境性能向上         |

## 2018年度 建設リサイクル広報用ポスターの掲出

建設副産物のリサイクルを推進するため毎年、リデュース・リユース・リサイクル推進月間である10月を中心に公共交通機関の駅舎、公共機関、建設現場などにポスターを掲示しています。



東京メトロ茗荷谷駅掲示の様子



東京メトロ東銀座駅掲示の様子

地球環境を守り、豊かな暮らしを創り続ける。  
それが私たち建設産業の使命です。

3Rで持続可能な社会を実現

震災ガレキ等の活用

再生材を活用

建設発生土を他工事で活用

シールドトンネル工事の建設汚泥を埋立てで活用

**建設副産物リサイクル広報推進会議**

北海道地方建設副産物対策連絡協議会 東北地方建設副産物対策連絡協議会 関東地方建設副産物再利用方策等連絡協議会 北陸地方建設副産物対策連絡協議会  
 中部地方建設副産物対策連絡協議会 建設副産物対策近畿地方連絡協議会 中国地方建設副産物対策連絡委員会 建設副産物対策四国地方連絡協議会  
 九州地方建設副産物対策連絡協議会 沖縄地方建設副産物対策連絡協議会 建設六団体副産物対策協議会 (一社)日本建設業連合会 (一社)全国建設業協会  
 (一社)日本建設業経営協会 (一社)全国中小建設業協会 (一社)日本道路建設業協会 (一社)日本建設機械施工協会 (一財)建設業振興基金  
 (一財)日本建設情報総合センター 建設廃棄物処理協会 (一財)経済調査会 (一社)建設コンサルタンツ協会 (一財)建設物価調査会  
 (公財)産業廃棄物処理事業振興財団 (株)建設資源広域利用センター (一社)住宅生産団体連合会 東京建設廃材処理協同組合 (一財)土木研究センター  
 (一社)日本アスファルト会村協会 (公財)日本産業廃棄物処理振興センター (公社)全国解体工事業団体連合会 (公社)全国産業資源循環推進協会  
 (一財)先端建設技術センター

後援: 国土交通省 3R活動推進フォーラム リデュース・リユース・リサイクル推進協議会

2018.10 - 2019.09

### 広報用ポスター販売中

販売価格：1枚 200円（税別） 送料別途

サイズ：B2（515mm×728mm）

申込方法：ホームページより「購入申込書」をダウンロードし、必要事項をご記入の上、FAX  
またはメールにてお申込ください。

URL：<http://www.suishinkaigi.jp/publish/poster.html>

※詳細は、ホームページにてご確認ください。



**建設  
リサイクル**

2018. 秋号、2019 冬号・Vol. 85 合併号

2019年2月発行

建設副産物リサイクル広報推進会議

事務局：一般財団法人 先端建設技術センター