

地域セミナー

# 環境～循環型社会を目指して



平成12年3月

北海道土木技術会コンクリート研究委員会

札幌土木現業所

発行・北海道土木技術会コンクリート研究委員会



## 目 次

|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| はじめに                                  | 1            |
| 北海道土木技術会コンクリート研究委員会委員長<br>北海道札幌土木現業所長 | 佐伯 昇<br>古屋 稔 |
| 【第1部】基調講演とパネルディスカッション                 |              |
| 1. 基調講演概要「循環型社会の実現に向けた道のり」            | 3            |
| 田中 信壽（北海道大学大学院工学研究科）                  |              |
| 2. パネルディスカッション コーディネーター・パネラー経歴        | 7            |
| 【第2部】委員会報告                            |              |
| 北海道土木技術会コンクリート研究委員会総合的産業廃棄物検討小委員会     |              |
| 委員会概要報告                               | 9            |
| 佐伯 昇（北海道土木技術会コンクリート研究委員会委員長）          |              |
| I 章 廃棄物処理の現状、動き                       | 11           |
| 三木 靖（北海道環境生活部環境室廃棄物対策課）               |              |
| II 章 建設行政の取り組み                        | 25           |
| 大中邦彦（北海道建設部企画室企画調整課）                  |              |
| III 章 現場の取り組み                         |              |
| III-1 北海道廃棄物リサイクル産業の現状と課題             | 35           |
| 宮本政博（北海道産業廃棄物協会：日本資源技術（株））            |              |
| III-2 現場における廃棄物処理、リサイクルの現状及びアンケートについて | 39           |
| 井戸正則、伊藤俊裕（（株）地崎工業土木部）                 |              |
| IV 章 建設現場におけるリサイクル技術                  |              |
| IV-1 伐採樹木と発生土のリサイクル                   | 45           |
| 大塚拓美（（株）熊谷組）                          |              |
| IV-2 コンクリートのリサイクル                     | 57           |
| 佐伯 昇、志村和紀（北海道大学大学院工学研究科）              |              |
| V 章 廃棄物処理技術と設計                        |              |
| V-1 廃棄物の最終処分法                         | 83           |
| 東條安匡（北海道大学大学院工学研究科）                   |              |
| V-2 最終処分場の設計事例                        | 95           |
| 竹内康隆、阿部公一（北海道開発コンサルタント（株）環境衛生部）       |              |
| おわりに                                  | 108          |
| 飛内健雄（札幌土木現業所企画調整室）                    |              |

## はじめに

セミナー開催の背景について申し上げます。

地球規模の環境問題に関わる事として、産業廃棄物のみならず一般・生活廃棄物の処理が社会問題として深刻化しています。今国会において循環型社会基本法の成立が見込まれていますが、循環型社会に向けて産学官民が発想を転換し、一体となって取り組まなくてはならない情勢になっています。

道のりは険しく、困難が予想されますが、強い使命感と責任感が要求されています。とりわけ建設産業は資源利用量が多く、環境に対する影響も大きく、建設副産物の排出や抑制について、大きな影響をもつと共に、同時に大きな責任を有していると言えます。

共同セミナーについて申し上げます。

北海道札幌土木現業所では、平成10年11月に茂漁川での水環境をテーマに地域セミナーを開催しました。今回は、環境に関わる廃棄物問題を広い視点で取り上げ活動し、産学官のメンバーで構成されている北海道土木技術会コンクリート研究委員会と連携して、共通のテーマにより開催する共同セミナーとしています。

午前の第1部を講演とパネルディスカッション、午後の第2部を委員会報告とした、2部構成としています。

今のこと、明日のことについて皆で考えようではありませんか。

平成12年3月

北海道土木技術会コンクリート研究委員会委員長

北海道札幌土木現業所長

佐伯 昇

古屋 稔



## 第 1 部- 1



## 循環型社会の実現に向けた道のり

北海道大学大学院工学研究科教授 田中信壽

「適正な廃棄物処理」と「リサイクル」は、循環型社会実現への両輪

### 1. 廃棄物処理をめぐる情勢

- ・焼却炉からのダイオキシン類生成、処分場による環境汚染
- ・処理処分施設（焼却工場・埋立地）の設置困難
- ・廃棄物量が減らない。リサイクル率が低い
- ・構造基準と安定型処分場
- ・廃棄物の減量化に関する国の目標値（平成 11 年 9 月）平成 8 年度→22 年度
  - 一般廃棄物の減量化
    - ①排出量を 5 %削減、②再生利用率を 10%から 24%に増加
    - ③最終処分量を半減
  - 産業廃棄物の減量化
    - ①排出量の増加を 13%に抑制、②再生利用率を 42%から 48%に増加
    - ③最終処分量の半減
  - 焼却量の削減
    - ①一般廃棄物焼却量を 15%削減、②産業廃棄物焼却量を 22%削減

### 2. リサイクル促進の取り組み

- ・「循環型経済システムの構築に向けて」（通産省産業構造審議会）
  - ①一般廃棄物を中心とした製品のリサイクル・リデュース・リユース対策、
  - ②産業廃棄物のリデュース・リサイクル対策、③製造段階での事業者連携、
  - ④事業者の回収・リサイクル、⑤製品情報の提供、⑥制度的障害の除去、
  - ⑦リサイクル製品の利用促進、⑧事業者の事業活動に関する情報提供、
  - ⑨消費者の協力
- ・品目及び業種別廃棄物処理・リサイクルガイドライン
- ・建設廃棄物リサイクル促進
- ・「国家産業技術戦略」、21 世紀の産業技術政策の大きな方向性
- ・工業技術院、基盤環境整備戦略：4 つの大目標
  - 大目標 3：「環境と調和した経済社会システムの構築」
    - 中目標 3-1：資源の有効利用と廃棄物の減量化をしつつ資源循環を図る経済社会の実現
- ・ミレニアム研究、新しい千年紀を迎えるためのプロジェクト、情報化、高齢化、環境対応

### 3. 今後のリサイクル法

- ・「循環型社会基本法（仮）」廃棄物とリサイクルを包括する
- ・「食品廃棄物再商品化法（仮）」
- ・「建設工事の特定資材再資源化法（仮）」
- ・再生資源利用促進法の改正

### 4. 誰がごみ処理・リサイクル費用を払うのか。



平成11年10月4日  
建設省

## 資源循環型社会の構築に資する建築解体廃棄物の 分別・リサイクル推進に向けて

～「建築解体廃棄物リサイクルプログラム」の策定～

### 記者発表資料

建設廃棄物等のリサイクルについては、平成9年10月に「建設リサイクル推進計画'97」を策定し、鋭意計画の実施に努めているところですが、その中において、特にリサイクルの遅れが指摘されている建築解体廃棄物のより一層分別・リサイクルを推進していくことが緊急の課題となっています。

そのため、建設省においては、建築解体廃棄物の分別・リサイクルを推進するための施策を総合的に展開していくこととし、今般、分別・リサイクルの推進に向けた課題や課題に対する戦略などを「建築解体廃棄物リサイクルプログラム」として体系的にとりまとめましたので、公表致します。

特に、本プログラムにおいては、今後展開していく必要がある施策について、主に以下の4つの観点から、リサイクルの輪を繋げるための戦略として、とりまとめております。

#### 1. 建築物の長寿命化促進等の新設時における戦略

設計・計画段階から建築解体廃棄物の発生を抑制するように対策の実施 等

#### 2. 建築物の分別解体促進の戦略

適切な解体工事が行われているかどうか確認するための仕組みづくりの検討 等

#### 3. 建築解体廃棄物の再資源化促進の戦略

再資源化の責任を明確化する、再資源化施設の整備に対する支援の実施 等

#### 4. リサイクル市場の形成の戦略

公共事業におけるリサイクル材の利用促進、情報交換システムの構築 等

今後は、本プログラムの内容を踏まえ、建築解体廃棄物の分別・リサイクルの推進に向け、法制度化の検討も含め各種施策を総合的に推進していくこととしています。

問い合わせ先 建設経済局 事業総括調整官室 調整官 池田豊人

電話 3580-4311(内線2663)、直通5251-1832

建設業課 課長補佐 河村賢二

電話 3580-4311(内線2782)、直通5251-1839

# 建築解体廃棄物リサイクルプログラム

## 4. リサイクル市場の形成の戦略

【再生資源の利用促進】

- 公共事業の実施における再生資源利用計画の策定（＊）
- リサイクル材の利用に係る補助制度の創設（平成12年度予算概算要求）
- リサイクル材等を活用した一定の住宅への住宅金融公庫による融資額の増額（平成12年度予算概算要求）
- 公営住宅リサイクルプロジェクトの推進（継続実施）

【リサイクル材及び再資源化施設の情報交換システム】

- 情報交換システムの整備（平成12年度ミレニアムプロジェクト要求）

【再生資源の利用用途の開拓と再生資源の品質基準の策定】

- 木材等のリサイクル技術の開発（平成12年度予算概算要求）
- 再生資源の品質基準を策定（継続実施）
- 建設資材関連のリサイクルシステムに関する標準化調査（継続実施）

【民間の技術開発に対する支援】

- 研究委託、助成等による民間技術開発の直接支援（平成12年度予算概算要求）

## 1. 建築物の長寿命化促進等の新設時における戦略

【長寿命化技術の開発等と長期使用】

- 長期耐用都市型集合住宅の建設・再生技術の開発（平成12年度予算概算要求）
- 木造住宅の長寿命化・ストック化技術の開発（平成12年度予算概算要求）
- 住宅金融公庫融資における一定の耐久性の要件化（平成12年度予算概算要求）
- 建築物の生産にかかわる関係者の責務について明確化（＊）

【設計・計画段階における廃棄物の発生抑制等の技術開発】

- 設計・計画段階における廃棄物の発生抑制等の技術開発（平成12年度ミレニアムプロジェクト要求）

## 3. 建築解体廃棄物の再資源化促進の戦略

【再資源化責任の明確化】

- 再資源化に係る基準と責任の明確化（＊）

【再資源化施設の整備に対する支援】

- ＜分別解体の促進：総合的な再資源化施設の整備促進＞
- 再商品化設備等の特別償却の拡充（平成12年度税制改正要望）
- 廃棄物再生処理用の設備に係る課税標準の特例措置の拡充（平成12年度税制改正要望）
- ＜再資源化の促進＞
- 再商品化設備等の特別償却（14/100）の適用期限の延長（平成12年度税制改正要望）
- 廃棄物再生処理用の設備に係る特例措置（取得後3年間、2/3に軽減）の適用期限を延長する。（平成12年度税制改正要望）

【再資源化困難物のリサイクル技術開発】

- 廃石瓦ボード対策検討委員会（継続実施）
- 建材再資源化問題検討委員会（継続実施）

設計・新築・使用



解体

再資源化

凡例

（＊）＝法律やガイドラインにより新たな仕組みの創設等を検討するもの。

（継続実施）＝建設省及び関係省庁において既に検討が

始められているもの。

## 2. 建築物の分別解体促進の戦略

- 【発注者による適正なコスト負担義務の明確化と適正な契約の確保】
- コスト負担に対する発注者の責務を明確化（＊）
- 適正な分別解体・処理をする場合の住宅金融公庫の融資額の増額（平成12年度予算概算要求）
- モデル解体工事に係る補助制度の創設（平成12年度予算概算要求）
- 解体工事と廃棄物処理コストをそれぞれ明確化（＊）
- 解体工事、廃棄物処理を行う業者ごとに契約を締結することの徹底（＊）

【解体工事チェックシステムの創設と分別解体の実施】

- 特定解体工事に係る解体工事計画の届出（＊）
- 解体工事完了届の提出（＊）
- 標識の提示等解体工事の現場を地域に開かれたものにする等より透明性の高い仕組みの導入（＊）

【解体工事業者の育成等のための制度の創設】

- 解体工事業者の登録制度（＊）
- 技術者に関する資格者制度の創設（＊）

【解体工事の施工技術基準等の策定と施工技術の開発】

- 施工技術基準（＊）
- 木造建築物の解体施工技術に関する検討（平成12年度ミレニアムプロジェクト要求）
- 技術開発に対する補助制度の創設（平成12年度予算概算要求）



# 建築廃棄物リサイクル促進対策（通産省）

＜主 課 題＞

＜具 体 的 取 組＞

＜参考：建設省建築解体廃棄物リサイクルプログラム＞

## 建築資材等の製造段階

- ・建築物の建築段階におけるリサイクルしやすさに対する考慮の欠如
- ・建築資材等の構造上異物の分離が困難
- ・識別が難しい等の理由から適正な分別回収が困難

## 廃棄物の排出・再資源化段階

- ・再資源化推進のための技術的課題の存在
- ・再資源化施設・設備が不十分

## 再生資源の利用段階

- ・再生資源の利用拡大の必要性
- ・再生資源の新たな用途開拓の必要性
- ・リサイクル材の品質基準の整備が不十分

※主として建築資材製造事業者等の立場から課題を整理したもの。

## 長寿命・易リサイクル住宅の開発と普及

- ◇資源循環型住宅プロジェクト
- 工場生産住宅

## 構造上の工夫・素材の表示等

- 浴槽及び浴室ユニット☆
- シムキツチン☆
- アルミサッシ☆
- 塩ビ製品（管☆、サッシ☆、雨樋☆、壁紙、床材）
- 電線
- 金屋系屋根
- 金屋系サイディング
- ALCパネル

## 再資源化に支援

- ◇コンクリート塊からの高品質骨材回収技術開発（継続）
- ◇解体廃石資源ボード再資源化技術開発
- ◇廃FRP製品再資源化実証システム
- ◇再資源化設備等に係る特別償却制度・低利融資制度等（継続）

## 再生資源を活用した製品生産等

- 木質系ボード☆
- 紙・パルプ☆
- 石膏ボード☆
- 塩ビ製品（管・継手☆、床材）
- セメント☆
- グラスウール
- ロックウール

## 再生資源の市場拡大

- ◇木材等の用途開発
- 廃業系サイディング
- 塩ビ製品（壁紙）
- ALCパネル
- 瓦
- 量りるり
- ◇サイクル材を利用した建築物に係る低利融資制度の創設
- ◇標準化調査研究の推進（継続）

☆印を付したものは再生資源利用促進法のスキームの活用を検討するもの

## 1. 建築物の長寿命化促進等の新設時における戦略

- 長寿命化技術の開発等と長期使用の設計・計画段階における廃棄物の発生抑制等の技術開発

## 2. 建築物の分別解体促進の戦略

- 発注者による適正なコスト負担義務の明確化と適正な契約の確保
- 解体工事事業者の創設と分別解体の実施
- 解体工事の施工技術基準等の策定と施工技術者の育成等のための制度の創設
- 解体工事の技術開発

## 3. 建築解体廃棄物の再資源化促進の戦略

- 再資源化責任の明確化
- 再資源化施設の整備に対する支援
- 再資源化困難物のリサイクル技術開発

## 4. リサイクル市場の形成の戦略

- 再生資材の利用促進
- リサイクル材及び再資源化施設の情報交換システム
- 再生資源の利用用途の開拓と再生資材の品質基準の策定
- 民間の技術開発に対する支援

## 第 1 部-2



## コーディネーター・パネラーの経歴

### 田中 信壽

(たなか のぶとし) 北海道大学大学院工学研究科教授

昭和19年1月 大阪府出身  
昭和41年3月 京都大学工学部化学工学科卒業  
昭和46年3月 京都大学大学院工学研究科化学工学専攻博士課程修了(工学博士)  
平成2年4月 北海道大学工学部衛生工学科教授  
平成9年4月 北海道大学大学院工学研究科廃棄物資源工学教授

#### 学外における活動

廃棄物学会理事・研究委員会委員長  
札幌市環境審議会委員・副会長  
北海道環境審議会委員・廃棄物部会部会長  
厚生省生活環境審議会廃棄物処理部会専門委員会委員  
通産省産業技術審議会Eコラー・環境技術開発部会委員・リサイクル技術分科会会長

### 鈴木 勇吉

(すずき ゆうきち) 前全国産業廃棄物連合会会長

昭和4年4月 北海道出身  
昭和28年3月 中央大学法学部法律学科卒業  
昭和28年4月 大蔵省理財局入省、昭和32年2月退職  
昭和47年2月 株式会社カンセイ設立 代表取締役  
平成2年8月 厚生省生活環境審議会 専門委員  
平成7年1月 社団法人全国産業廃棄物連合会 会長就任、平成10年6月退任  
平成8年4月 産業廃棄物学会 副会長就任、平成10年3月退任  
平成11年2月 株式会社環境政策研究所に組織変更 代表取締役会長  
平成5年10月 厚生省大臣表彰

### 神山 桂一

(こうやま けいいち) 循環(くるくる)ネットワーク北海道代表

昭和2年 島根県出身  
昭和29年3月 京都大学工学部土木工学科卒業  
昭和33年 北海道大学工学部助教授。昭和51年工学博士  
昭和53年 工学部教授。平成3年北海道大学名誉教授  
平成5年 北海道環境アドバイザー就任  
平成7年 循環(くるくる)ネットワーク北海道代表  
平成10年 北海道クリーンエネルギーアドバイザー

## 佐伯 昇

(さえき のぼる) NPO水環境北海道理事長  
昭和17年3月 北海道恵庭市出身  
昭和41年3月 北海道大学工学部土木工学科卒業  
昭和47年3月 同土木工学専攻博士課程修了(工学博士)  
平成2年4月 同工学部教授  
平成5年9月 全国水環境交流会in北海道代表  
平成11年4月 NPO法人 水環境北海道理事長

## 古屋 稔

(ふるやみのる) 札幌土木現業所長  
昭和20年4月 北海道夕張市出身  
昭和43年3月 北海道大学工学部卒業  
昭和43年4月 北海道庁入庁  
平成3年6月 河川課主幹ダム技術センター出向。国内、海外の水事情視察。  
平成6年4月 漁政課主幹栽培漁業振興公社出向。道内の淡水魚調査、  
及びアルゼンチンのFish Trap計画に参加。  
平成9年6月 土木部河川課長  
平成11年5月 札幌土木現業所長  
講演活動 「サクラの遡上と降海」 「魚の棲む水環境」 「Civil Engineerの役割」

## 伊藤 洋

(いとうよう) (株)熊谷組環境プロジェクト部部长  
昭和31年8月 福岡県出身  
昭和54年3月 北海道大学工学部土木工学科卒業  
昭和54年4月 (株)熊谷組入社  
平成5年3月 北海道大学工学博士  
平成11年1月 同社環境事業プロジェクト部 部長  
研究活動 「コンクリート構造物の耐久性、補修、解体に関する研究」  
「一般廃棄物処分場の検知システム、止水構造研究」  
「焼却残さの再生処理プラントに関する研究」



## 第2部

### 委員会報告

## 委員会概要報告

委員長 佐伯 昇

新しい世紀に入ろうとしている時、廃棄物の問題は人類にとって1つの試練のように感じられる。人々は豊かで効率の良い消費経済を作ってきたかのように見えたが、このゴミの山に見た時だれもが驚きを禁じえない。科学を総動員し、また行政の努力にもかかわらず、なかなか問題解決に向かないのは、個人1人1人のレベルまで問題意識が浸透しなければこの廃棄物の問題は解決の方向に進まない点にある。それぞれ皆がゴミを出しているからである。このような認識から我々の出来る範囲内において、実際の活動を地道に行うしかないと考え、土木技術会コンクリート研究委員会の中に「総合的産業廃棄物検討小委員会」を設置したものである。産業廃棄物の中でもコンクリートの再利用率は進んでいる方ではあるが、北海道においては約50%であり、まだリサイクルを進めていかなければならない部分は多々ある。

一方、リサイクルあるいはゼロエミッション社会を進める中で重要な点は、コンクリートなどの1つの材料のリサイクルを進めることは基より、総合的に進めること、すなわち法的問題、経済性サイクル、跡地利用、クローズドシステムの施設地の利用あるいは啓蒙、教育などを一元的に検討することが必要であり見通しがつきやすく、判りやすいことである。さらに社会的ニーズを探りながらコンクリート構造物の適応を考える機会でもある。

さて、資源循環型社会を構築するため、また自然との共生を図るため、これまで「作ること」のみに熱心だった建設行政と、規制に重きを置いてきた環境・厚生行政と、多くの問題を抱えた建設業者と産業廃棄物処理業者と、学問研究の成果が外部から見えにくい大学、それらが一体となって取り組むための環境造りをしながら、主に次のことを検討する事を目的としている。

- ・ 法的手続き(処分場設置のプロセス、地元合意)
- ・ 施設(最終処分場、再資源化施設の構造基準など技術的問題)
- ・ PFI 手法の検討(処分場、仮置場確保のためのモデル事業)
- ・ 環境整備(処分場閉鎖後の跡地利用計画)
- ・ 普及啓蒙教育活動

今回は廃棄物処理法の現状と動向、建設行政の取り組み、また現場からの取り組みとしてADPP(Advanced Disposal Promotion Program)、廃棄物処理、リサイクルに関する現状アンケート、リサイクル技術、廃棄物処理技術の設計、最終処分方法、および最終処分場の実設計などをまとめたものである。これを踏まえて次年度の活動方針を提案している。

北海道土木技術会コンクリート研究委員会  
総合的産業廃棄物検討小委員会名簿

|        |       |            |                                         |
|--------|-------|------------|-----------------------------------------|
| 委員長    | 佐伯 昇  | サエキ ノボル    | 北海道大学大学院工学研究科教授<br>高性能コンクリート工学研究室       |
| アドバイザー | 田中 信壽 | タナカ ノブヒコ   | 北海道大学大学院工学研究科教授<br>廃棄物処分工学分野            |
| 委員     | 堀口 敬  | ホリグチ タカシ   | 北海道大学大学院工学研究科助教授<br>高性能コンクリート研究室（佐伯研究室） |
|        | 志村 和紀 | シムラ カズキ    | 同高性能コンクリート研究室助手                         |
|        | 東條 安匡 | トウジョウ ヤスマサ | 同廃棄物処分工学分野助手                            |
|        | 宮本 政博 | ミヤモト マサヒロ  | 北海道産業廃棄物協会<br>日本資源技術（株）代表取締役            |
|        | 大塚 拓美 | オオツカ タカミ   | （株）熊谷組北海道支店<br>土木事業部担当部長                |
|        | 伊藤 敏裕 | イトウ トシロ    | （株）地崎工業土木部技術課係長                         |
|        | 井戸 正則 | イトウ マサリ    | 同工事課係長                                  |
|        | 照沼 英彦 | テルヌマ ヒデヒコ  | 日本高圧コンクリート（株）                           |
|        | 竹内 康隆 | タケウチ ヤスカ   | 北海道開発コンサルtant（株）環境衛生部<br>環境衛生部次長        |
|        | 阿部 公一 | アベ コウイチ    | 同環境衛生部副主幹                               |
|        | 三木 靖  | ミキ ヤスシ     | 北海道環境生活部廃棄物対策課<br>廃棄物指導係長               |
|        | 土栄 正人 | トノエ マサト    | 北海道建設部道路計画課主査                           |
|        | 大中 邦彦 | オウチカ ケンヒコ  | 北海道建設部企画調整課主査                           |
| 幹事     | 飛内 健雄 | トビナイ タカオ   | 北海道札幌土木現業所<br>企画調整室主査                   |



## 第 2 部-I

## 第1章 廃棄物処理の現状、動き

### 三 木 靖 \*1

最終処分場のひつ迫、不法投棄等の廃棄物処理をめぐる諸問題を踏まえ、平成9年6月、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下「廃棄物処理法」という。）の改正により、減量化の推進、施設設置手続きの明確化、罰則の強化などが図られるとともに、併せて廃棄物焼却施設の構造基準・維持管理基準や廃棄物の処理基準、委託基準、最終処分場の技術上の基準など廃棄物の処理に関する諸基準が強化され、廃棄物の適正な処理を確保に向けた取組みが進められている。

#### 1 はじめに

廃棄物処理法は、廃棄物の処理責任を明確にするとともに、処理方法などを規制することにより、生活環境の保全と公衆衛生の向上を図ることを目的としており、廃棄物の保管、運搬及び処分方法に関する基準や排出事業者、地方公共団体等の責務が規定されている。

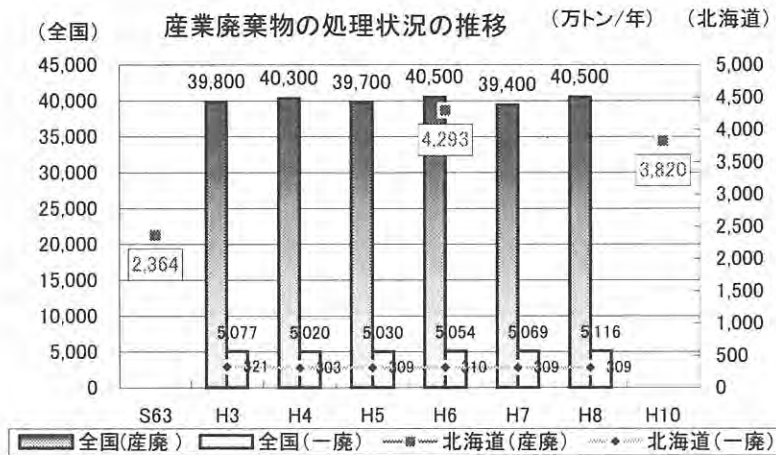
廃棄物とは不要物であり、かつ、そのものが他人に有償で売却することができなくなったものをいい、廃棄物処理法のほか、関係法令によって、その保管、運搬、処分などの方法が規制されている。この廃棄物であるか否かの判断は、排出者（ごみを出す者）の意思やそのものの性状などから総合的に判断され、排出者が他人に有償で売却することができない不要物を自ら処理したり、他人に無償で譲るときであっても、廃棄物処理法に基づく処理基準などに従って適正に処理しなければならない。廃棄物は、廃棄物処理法において、「産業廃棄物」と「一般廃棄物」の2つに大きく分けられており、「産業廃棄物」は、事業活動に伴って排出される同法で定められた廃棄物をいい、その処理は排出する事業者に課せられ、一方、「産業廃棄物」以外の廃棄物を「一般廃棄物」といい、その処理は原則として市町村の責務になっている（表1-1）。また、廃棄物の排出量推移は、図1-1のとおり。

表1-1 廃棄物の種類

|           |                                                                                         |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 産業廃棄物     | 工場や事業場などの事業活動に伴って発生する廃棄物のうち廃棄物処理法で定める19種類と輸入された廃棄物                                      |
| 特別管理産業廃棄物 | 人の健康や生活環境に被害を与えるおそれのあるもの<br>感染性廃棄物、揮発油類等、pH2以下の廃酸、pH12以上の廃アルカリ、有害物質等 *H12.1よりダイオキシン類が追加 |
| 一般廃棄物     | 産業廃棄物以外の廃棄物<br>家庭生活から排出される一般廃棄物<br>事業系の一般廃棄物（事業活動に伴う産廃以外の廃棄物）                           |
| 特別管理一般廃棄物 | 人の健康や生活環境に被害を与えるおそれのあるもの<br>感染性廃棄物、特管ばいじんなど                                             |

\*1 北海道環境生活部環境室廃棄物対策課

図 1 - 1 廃棄物の排出量



## 2 産業廃棄物の種類

廃棄物処理法では、ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿などの汚物又は不要物であって固形状及び液状のものを「廃棄物」としており、放射性を有するものや、土砂及び土砂に準ずるものなどは含まれていない。

この廃棄物のうち、公共的事業を含む広義の事業活動に伴って排出され、廃棄物処理法で定められたものを産業廃棄物と定義し、その性状等によって、20種類に区分されている。実際に排出される産業廃棄物は、反復継続して行われる事業活動に伴うものであることから、単一の産業廃棄物として排出されることが比較的多いが、いくつかの産業廃棄物が混合したものや、産業廃棄物と一般廃棄物が混合又は複合されて排出されることもある。

また、産業廃棄物のうち、爆発性、毒性、感染性など人の健康又は生活環境に係る被害を及ぼすおそれがある性状を有するものは「特別管理産業廃棄物」とされており、その取扱いにあたっては特別の配慮が必要である。

なお、平成12年1月15日に施行されたダイオキシン類対策特別措置法により、廃棄物焼却炉で焼却に伴って生じたばいじん、燃え殻及び洗浄設備の汚泥に含まれるダイオキシン類等が特別管理産業廃棄物に追加された(表1-2)。

このほか、家電リサイクル法では、特定家庭用機器一般廃棄物・特定家庭用機器産業廃棄物が定められている。

## 3 産業廃棄物の処理責任

事業活動に伴う産業廃棄物の処理は排出事業者(ごみを出す事業者)の責任とされており、排出事業者が「自らの責任において適正に処理する」とは、排出事業者が自ら処理するほか、廃棄物処理法に基づき定められた基準に従って、適正に産業廃棄物処理業者や再生利用業者、市町村等に委託して適正に処理することが含まれている。

排出事業者から産業廃棄物の処理を受託する産業廃棄物処理業者は、産業廃棄物の処理を行う産業廃棄物収集運搬業及び産業廃棄物処分業と、特別管理産業廃棄物の処理を行う特別管理産業廃棄物収集運搬業及び特別管理産業廃棄物処分業とに分類される(表1-3)。これら他人



表1-2 産業廃棄物と特別管理産業廃棄物

# 産業廃棄物 (国内及び国外の事業活動に伴って生じた廃棄物)

1 燃え殻      2 汚泥      3 廃油      4 廃酸      5 廃アルカリ      6 廃プラスチック類

7 紙くず (建設業〔工作物の新築、改築、除去に伴って生じたものに限る。〕、パルプ製造業、紙製造業、紙加工製品製造業、新聞業、出版業製本業、印刷物加工業から生ずる紙くず並びにPCBが塗布又は染み込んだ紙くずに限る。)

8 木くず (建設業〔工作物の新築、改築、除去に伴って生じたものに限る。〕、木材製造業、木製品製造業、パルプ製造業及び輸入木材卸売業から生ずる木くず並びにPCBが染み込んだ木くずに限る。)

9 繊維くず (建設業〔工作物の新築、改築、除去に伴って生じたものに限る。〕、衣服その他の繊維製品製造業以外の繊維工業から生ずる木綿等の天然繊維くず並びにPCBが染み込んだ繊維くずに限る。)

10 動植物性残さ (食料品製造業、医薬品製造業、香料製造業から生ずる動物又は植物に係る固形状の不要物に限る。)

11 ゴムくず

12 金属くず

13 ガラスくず・陶磁器くず

14 鉍さい

15 がれき類 (工作物の除去に伴って生ずるコンクリート、レンガの破片等。)

16 動物のふん尿

(畜産農業に係るものに限る。)

17 動物の死体

(畜産農業に係るものに限る。)

18 ばいじん

(集じん施設で集められたもの。)

19 1-18又は20を処理したもので1-18に該当しないもの

20 輸入された廃棄物 (航行廃棄物、携帯廃棄物を除く。)

## 特別管理産業廃棄物 爆発性、毒性、その他の人の健康又は生活環境に係る被害を生ずる恐れがある性状を有する産業廃棄物 (国内で発生したものは排出事業場の限定がある。)

○ 燃えやすい廃油 (廃油のうち揮発油類、灯油類及び軽油類:引火点70℃以下)

○ 廃酸 (pH2.0以下)

○ 廃アルカリ (pH12.5以上)

○ 感染性産業廃棄物

○ 特定有害産業廃棄物

● 廃PCB等 (廃PCB及びPCBを含む廃油)、PCB汚染物、PCB処理物

● 廃石綿等 (廃石綿及び石綿が含まれ又は付着している産業廃棄物のうち、石綿除去事業に係るものなど)

● 指定下水汚泥 (有害物質〔アルキル水銀、水銀、カドミウム、鉛、有機燐化合物、六価クロム、砒素、シアン化合物、PCB、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、1,3-ジクロロプロパン、ベンゼン、シス-1,2-ジクロロプロパン、ベンゼン、セレン化合物を含む。〕の基準を超えているもの)

● 汚泥、廃酸、廃アルカリ及び処理するために処理したもの ( )

● 鉍さい及び鉍さいを処理するために処理したもの (有害物質〔アルキル水銀、水銀、カドミウム、鉛、六価クロム化合物、砒素、セレン化合物を含む。〕の基準を超えているもの)

● 燃え殻 (有害物質〔カドミウム、六価クロム化合物、鉛、砒素、セレン化合物を含む。〕の基準を超えているもの)

● ばいじん (有害物質〔アルキル水銀、水銀、カドミウム、鉛、六価クロム化合物、砒素、セレン化合物を含む。〕の基準を超えているもの)

● 廃油 (有害物質〔トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、1,3-ジクロロプロパン、ベンゼン〕の基準を超えているもの)

● 廃棄物焼却炉で焼却に伴って生じたばいじん・燃え殻に含まれるダイオキシン類

● 廃棄物焼却炉で焼却に伴って生じたばいじん等の洗浄設備の汚泥に含まれるダイオキシン類

○ ばいじん (20「輸入された廃棄物」を処理能力200 kg/h以上又は火格子面積が2㎡以上の焼却施設で焼却し発生したもの。)

○ ばいじん (20「輸入された廃棄物」のうち集じん施設によって集められたもの。)

の産業廃棄物を業として収集・運搬又は処分しようとする者は、取り扱う産業廃棄物の種類ごとに、知事又は政令市長の許可を受けなければなりません（政令市：札幌市、小樽市、函館市。なお、旭川市は中核市への移行に伴い平成12年4月から政令市に追加される。）。

また、処理にあたっては、産業廃棄物と特別管理産業廃棄物ごとに定められた基準に従って、適正に処理しなければなりません。

表1-3 産業廃棄物処理業者の区分

| 業 の 種 類        | 事 業 の 内 容                      |
|----------------|--------------------------------|
| 産業廃棄物収集運搬業     | 産業廃棄物（特別管理産業廃棄物を除く。）の収集・運搬     |
| 産業廃棄物処分業       | 産業廃棄物（特別管理産業廃棄物を除く。）の中間処理と最終処分 |
| 特別管理産業廃棄物収集運搬業 | 特別管理産業廃棄物のみの収集・運搬              |
| 特別管理産業廃棄物処分業   | 特別管理産業廃棄物のみの中間処理と最終処分          |

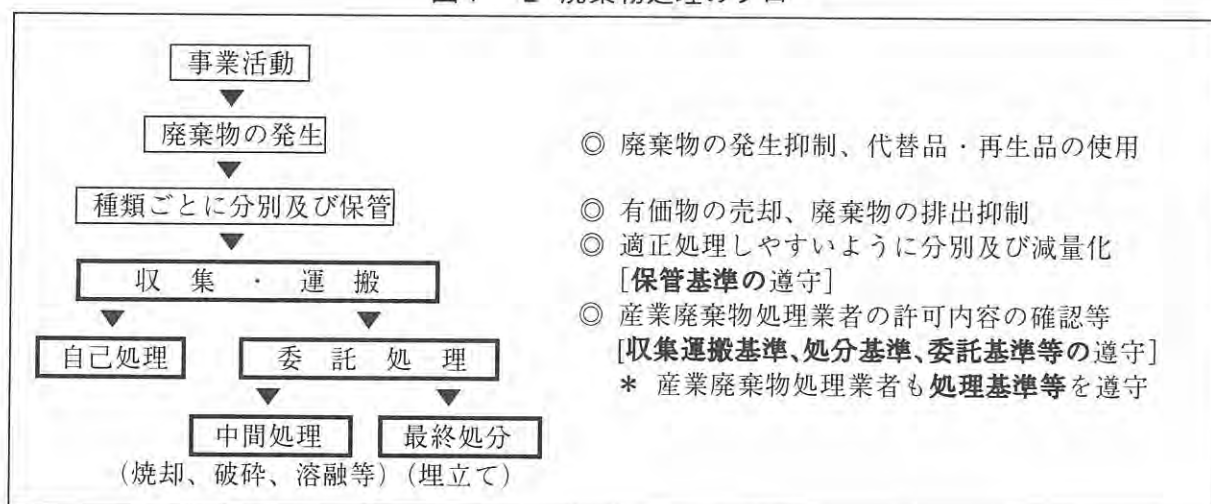
### 3.1 排出事業者の処理責任

産業廃棄物は、産業廃棄物と特別管理産業廃棄物ごとに定められた処理基準に従って、適正に処理（分別、保管、収集・運搬、中間処理、最終処分又は再生）し、その処理を産業廃棄物処理業者等他の者に委託するときは、委託基準を遵守しなければならない（図1-2）。

さらに、排出事業者には、次の責務などが課せられている。

- ① 廃棄物処理法に基づき排出事業者自らの責任で産業廃棄物は適正に処理すること。
- ② 廃棄物の発生抑制及び減量化、再生利用の推進に努めること。
- ③ 物の製造、加工、販売等に際し、その製品、容器等が廃棄物となったときに適正な処理が困難とならないような製品、容器等の開発を行うこと。
- ④ 廃棄物の処理の方法等について情報を提供すること。
- ⑤ 廃棄物の減量化や適正処理について、国や地方公共団体の施策に協力すること。

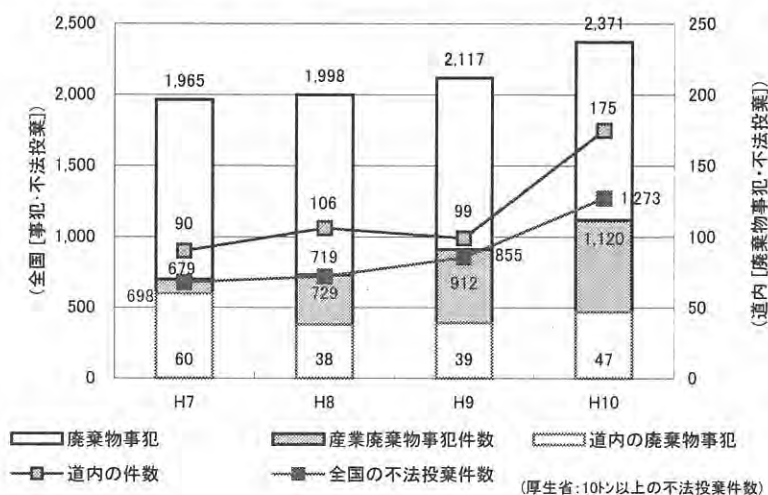
図1-2 廃棄物処理のフロー



また、依然として、図1-3のとおり不適正な事案が発生しており、不法投棄対策を進める

ため、廃棄物処理法改正により不法投棄に対する罰金などが大幅に引き上げられるなど、罰則等が強化されていることから、より一層、排出事業者が適正な処理に心がける必要がある。

図 1－3 廃棄物事犯（件数/年）及び不法投棄件数（件数/年度）



### 3.2 産業廃棄物の処理基準等

産業廃棄物の処理にあたっては、産業廃棄物処理基準及び特別管理産業廃棄物処理基準に従って処理しなければなりません。また、廃棄物処理法に基づく諸基準の改正より、廃棄物の保管、焼却施設の構造・維持管理、埋立処分基準等が強化されている。

#### (1) 産業廃棄物の収集・運搬するとき（収集・運搬基準）

- ① 産業廃棄物が飛散・流出しないようにすること。
- ② 収集運搬に伴う悪臭・騒音・振動により生活環境保全上支障が生じないよう必要な措置を講ずること。
- ③ 運搬施設の設置には生活環境保全上支障が生じないよう必要な措置を講ずること。
- ④ 運搬車両、運搬容器等は産業廃棄物が飛散・流出・悪臭が漏れるおそれのないこと。

#### (2) 産業廃棄物の積替え又は保管するとき（保管（積替保管）基準）

事業場から搬出されるまでの間の一時的な保管や、収集・運搬における保管及び処分における保管については、保管（積替保管）に関する基準に従わなければなりません。

また、廃棄物の保管にあたっては、その期間は極力短期間とし、また、廃棄物の分別を行うとともに、飛散・流出・地下浸透し、悪臭が発散しないよう適正な管理を行う必要があり、保管基準の強化に伴って、平成11年4月から保管量の上限、保管高さの制限等が適用されている。

#### (3) 産業廃棄物を処分するとき（中間処理基準、埋立処分基準、海洋投入処分基準）

廃棄物の焼却、乾燥、破碎等を行うときは中間処理に関する基準に従い、また、廃棄物の埋め立てを行うときは埋立処分に関する基準に従わなければなりません。さらに、廃棄物の海洋投入を行うときは海洋投入に関する基準に従う必要があり、海洋汚染防止法や国際条約（ロンドン条約）でも制限されている。

### 3.3 産業廃棄物の委託基準等

排出事業者が産業廃棄物の処理を他者に委託するときは、知事又は政令市（札幌市長、小樽市長、函館市長[平成12年4月1日からは旭川市を含む。]）の許可を受けた産業廃棄物処理業者又は再生利用業者などの事業の範囲を確認して委託し、適正に処理しなければなりません。

さらに、廃棄物の処理を委託するときは、処理業者等と事前に書面で締結しなければなりません。この委託契約は、排出事業者と収集運搬業者との間、又は排出事業者と処分業者との間で結ぶ、いわゆる2者契約によらなければなりません（図1-4）。

また、委託契約に含まれるべき内容が改正され、平成10年6月17日以前の契約でも必要事項を追加するなどのほか、平成10年12月1日からは全ての産業廃棄物にマニフェスト制度が適用され、廃棄物を引き渡す際には、マニフェストを交付しなければなりません。

#### (1) 委託契約に含まれるべき事項

次の事項などが含まれていなければなりません。（白抜き数字は平成10年の改正で追加された項目）

##### ① 改正前からの項目

- ・委託する産業廃棄物の種類、数量
- ・処理業者にあつては事業の範囲
- ・運搬の最終目的地の所在地（収集運搬のみ）
- ・処分・再生場所の所在地（処分再生のみ）
- ・処分・再生の方法
- ・再委託のときにおける委託者の承諾
- ・適正処理のために必要な情報
- ・受託業務終了時の委託者への報告
- ・契約解除時における未処理廃棄物の取扱い

##### ② 処分・再生するときはその施設の処理能力

委託契約書に係る産業廃棄物を処分又は再生する施設について記載すること。

##### ③ 委託契約の有効期間 …… 委託契約の開始年月日及び終了年月日を明らかにすること。

##### ④ 受託者に支払う料金 …… 委託料金は一月あたり又は単位あたり料金を記載すること。

##### ⑤ 積替又は保管を行う場所に関する事項

積替又は保管場所、積替又は保管できる廃棄物の種類、積替又は保管量の上限（保管量の上限は平成11年4月1日から適用）及び安定型産業廃棄物の運搬を委託するとき、当該安定型産業廃棄物と他の廃棄物とを混合することの承諾。

##### ⑥ その他

適正な処理のために必要な情報やその他の産業廃棄物を取り扱う際に注意すべき事項

図1-4 委託契約と廃棄物の流れ





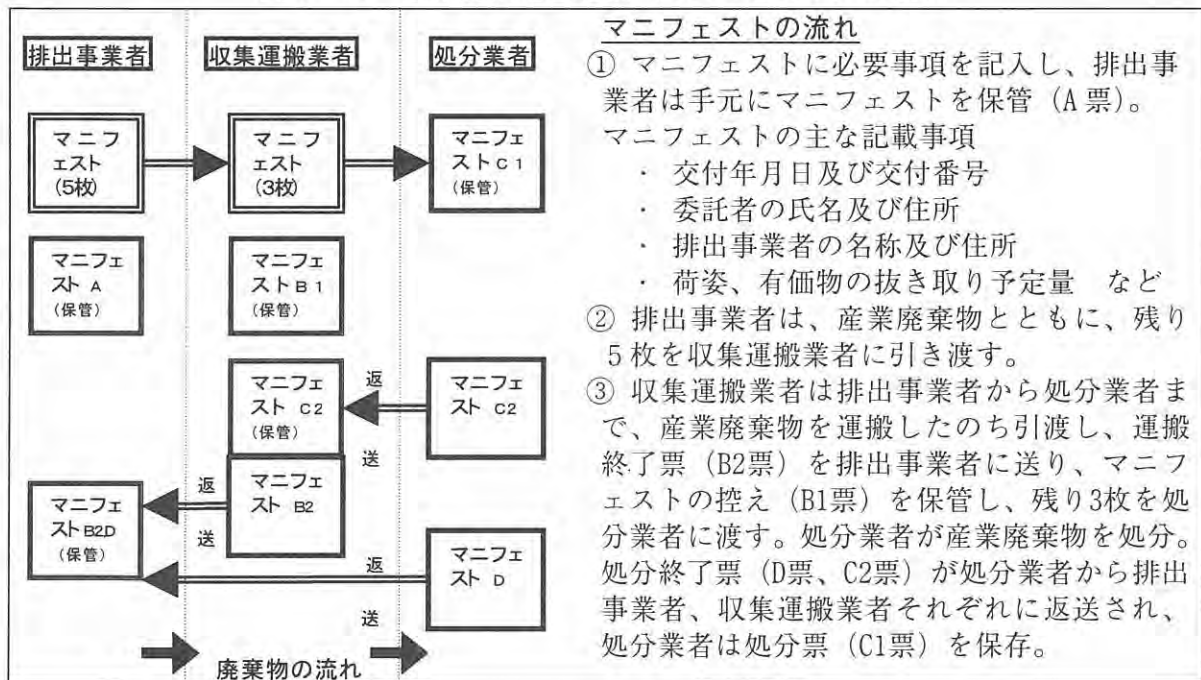
## (2) 委託できる者（収集・運搬、処分）

産業廃棄物処理業者、再生利用業者のほかに、市町村等地方公共団体や厚生大臣特例認定の再生利用業者に処理を委託することができる。

## 3.4 産業廃棄物管理票（マニフェスト）制度

廃棄物処理法の一部改正（平成9年6月）に伴い、産業廃棄物の適正な処理を確保するために、これまで、特別管理産業廃棄物に限って適用されていたマニフェスト制度が、平成10年12月1日からすべての産業廃棄物に、産業廃棄物管理票（マニフェスト）の使用が義務付けられた。この制度は、廃棄物の処理を廃棄物処理業者に委託する際に、廃棄物の収集・運搬、処分の流れを自ら把握し、不法投棄の防止などの適正な処理を確保するためのもので、排出事業者が義務付けられており、その流れは図1-5のとおり。

図1-5 産業廃棄物管理票（マニフェスト）の流れ



### (1) マニフェストの交付が不要のとき

マニフェストの交付が不要な主なものは、次のとおり。

- ① 再生利用業者（厚生大臣特例認定・広域指定、知事個別指定等）等に委託するとき
- ② 国、市町村・一部事務組合に委託するとき
- ③ その他

### (2) マニフェストの保存期間 5年間

### (3) マニフェストに関する報告等

マニフェストの交付実績（報告期限：翌年度の6月30日）及び交付後90日（特別管理産業廃棄物は60日）以内に返送されないときは、それぞれ知事又は政令市長への報告義務が課せられており、虚偽のマニフェストを使用したときなどは罰則の対象とされている。

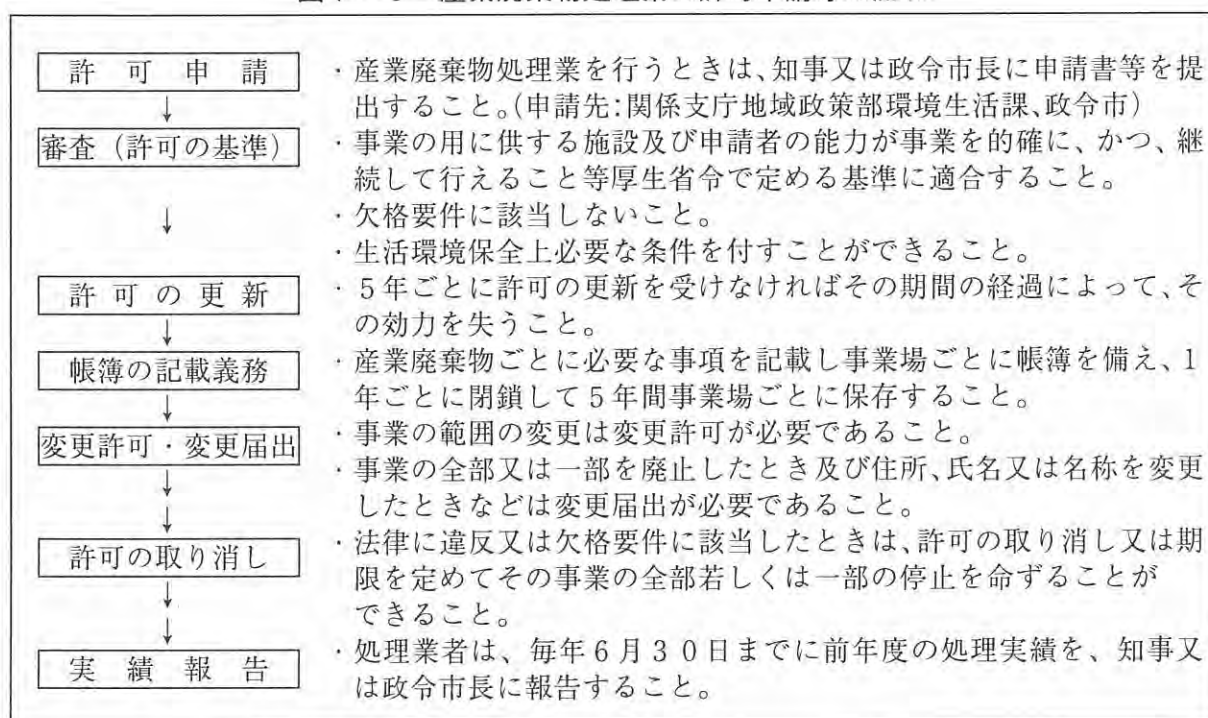
#### 4 産業廃棄物の処理

産業廃棄物及び特別管理産業廃棄物を業として処理するとき及び一定規模以上の産業廃棄物処理施設を設置するときは、それぞれ知事又は政令市長の許可を受けて、廃棄物処理法に基づく基準に従い適正に処理しなければならない。

##### 4.1 産業廃棄物処理業の許可等の手続き

他人の産業廃棄物を処理するために業として、収集・運搬又は処分しようとする者は、取り扱う産業廃棄物の種類ごとに、知事又は政令市長に必要書類を添付して申請し、許可を受けなければならない。産業廃棄物処理業の許可申請等の流れは、図1-6のとおり。

図1-6 産業廃棄物処理業の許可申請等の流れ



##### 4.2 産業廃棄物処理施設の許可等の手続き

産業廃棄物処理施設は18種類（中間処理施設：15種類、最終処分場3種類）が定められており、産業廃棄物処理施設を設置するときは、知事又は政令市長の許可が必要であり、許可に際しては、廃棄物処理法に基づき平成10年6月から改正された廃棄物処理施設の設置手続きに従って、生活環境影響調査の実施や告示・縦覧等の手続きが必要である。

また、廃棄物の適正処理を進めるため、産業廃棄物に係る指導指針（平成10年6月17日改正）により、産業廃棄物処理施設のうち、最終処分場及び特別管理産業廃棄物処理施設の設置に関し、施設周辺500m以内の住民同意、市町村長との公害防止協定の締結、道との事前協議などの手続きが必要である。

表 1－4 産業廃棄物処理施設の種類と規模要件

| 処 理 施 設 名                  |                       |                                | 規 模        | 備 考                                                                    |                          |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 中<br>間<br>処<br>理<br>施<br>設 | 1                     | 汚泥の脱水施設                        |            | 処理能力 10m <sup>3</sup> /日を超えるもの                                         |                          |
|                            | 2                     | 汚泥の乾燥施設                        | 天日乾燥以外     | 処理能力 10m <sup>3</sup> /日を超えるもの                                         |                          |
|                            |                       |                                | 天日乾燥       | 処理能力100m <sup>3</sup> /日を超えるもの                                         |                          |
|                            | 3                     | 汚泥の焼却施設                        |            | 処理能力 5m <sup>3</sup> /日を超えるもの又は200kg/時以上のもの、火格子面積2m <sup>2</sup> 以上のもの | PCB 処 理 物 を除く。           |
|                            | 4                     | 廃油の油水分離施設                      |            | 処理能力 10m <sup>3</sup> /日を超えるもの                                         |                          |
|                            | 5                     | 廃油の焼却施設                        |            | 処理能力 1m <sup>3</sup> /日を超えるもの又は200kg/時以上のもの、火格子面積2m <sup>2</sup> 以上のもの | 廃 PCB 等 を 除く。            |
|                            | 6                     | 廃酸、廃アルカリの中和施設                  |            | 処理能力 50m <sup>3</sup> /日を超えるもの                                         |                          |
|                            | 7                     | 廃プラスチック類の破碎施設                  |            | 処理能力 5t/日を超えるもの                                                        |                          |
|                            | 8                     | 廃プラスチック類の焼却施設                  |            | 処理能力 0.1t/日を超えるもの又は火格子面積 2m <sup>2</sup> 以上のもの                         | PCB 汚 染 物 等<br>を除く。      |
|                            | 9                     | 汚泥のコンクリート固化施設                  |            | すべてのもの                                                                 |                          |
|                            | 10                    | 水銀のばい焼施設                       |            | すべてのもの                                                                 |                          |
|                            | 11                    | シアン化合物の分解施設                    |            | すべてのもの                                                                 |                          |
|                            | 12                    | 廃PCB等の焼却施設                     |            | すべてのもの                                                                 |                          |
|                            | 最<br>終<br>処<br>分<br>場 | 12の2                           | 廃PCB等の分解施設 |                                                                        | すべてのもの                   |
| 13                         |                       | PCB汚染物等の洗浄施設                   |            | すべてのもの                                                                 |                          |
| 13の2                       |                       | 産業廃棄物焼却施設<br>(3,5,8,12以外の焼却施設) |            | 処理能力 200kg/時以上のもの<br>火格子面積 2m <sup>2</sup> 以上のもの                       |                          |
| * 1                        |                       | イ                              | 遮断型最終処分場   | すべてのもの                                                                 | 判定基準を上<br>回る有害な産<br>業廃棄物 |
|                            | ロ                     | 安定型最終処分場                       | すべてのもの     | * 2                                                                    |                          |
|                            | ハ                     | 管理型最終処分場                       | すべてのもの     | イ、ロ以外の産<br>業廃棄物* 3                                                     |                          |
| (参考) 一般廃棄物の最終処分場           |                       |                                | すべてのもの     | 一般廃棄物* 3                                                               |                          |

\* 1 平成9年12月1日から規模要件は廃止され、すべての施設が許可対象。

\* 2 廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず・陶磁器くず、がれき類

(自動車等破碎物、廃プリント配線板・鉛蓄電池の電極・鉛製の管・廃ブラウン管等の鉛を含むもの、  
廃容器包装(有害物質及び有機性の物質が混入、付着するもの)、石膏ボードを除く。)

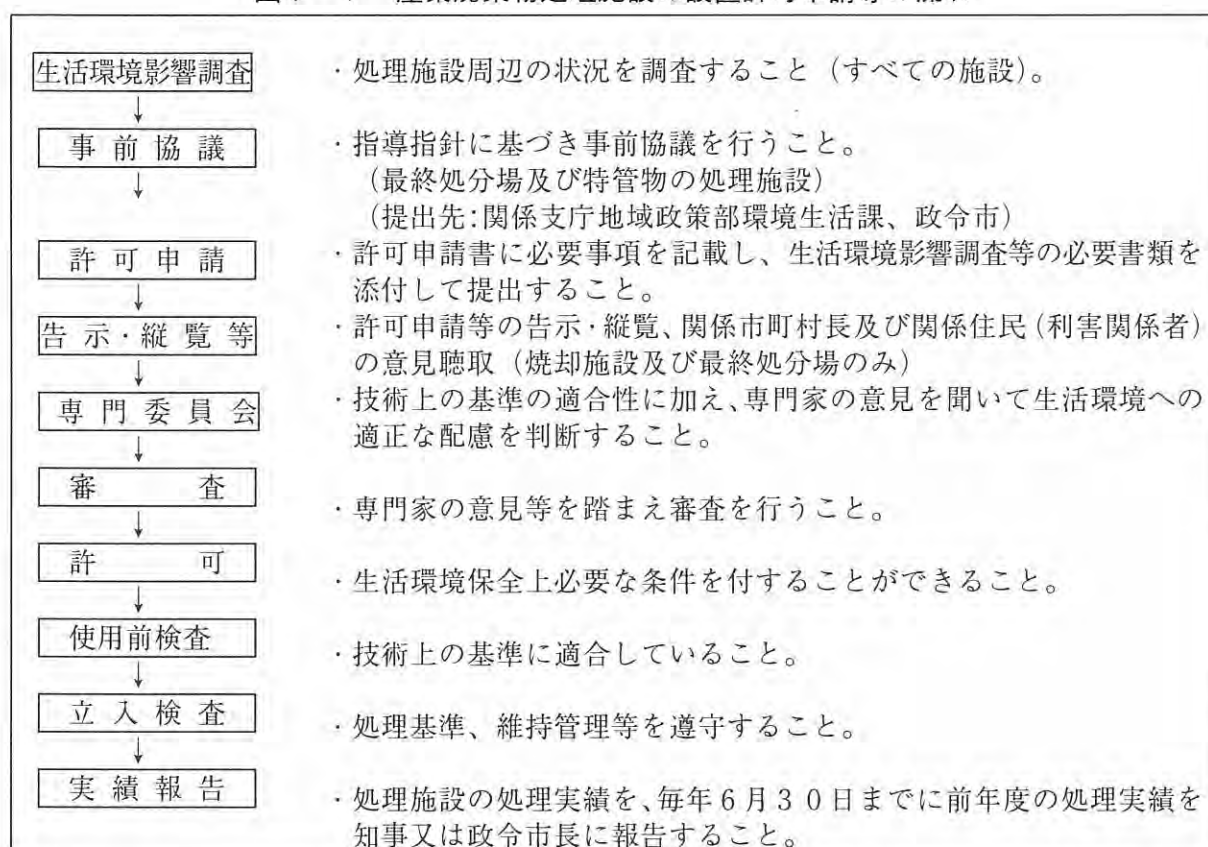
\* 3 廃油、廃酸、廃アルカリを除く。

#### 4.3 廃棄物処理施設の設置

##### (1) 産業廃棄物処理施設の設置手続き

産業廃棄物処理施設を設置するときは、その種類ごとに、知事又は政令市長に必要書類を添付して申請し、許可を受けなければならない。産業廃棄物処理施設の設置許可申請等の流れは、図1－7のとおり。

図1-7 産業廃棄物処理施設の設置許可申請等の流れ



## (2) 産業廃棄物処理施設の諸規定

産業廃棄物処理施設の設置者は、廃棄物処理施設に関する構造基準や維持管理基準などを遵守しなければならないが、廃棄物処理法の改正に伴って、ダイオキシン類の排出を抑制するため、成9年12月1日から焼却施設の構造・維持管理基準が強化されたほか、平成10年6月17日からは廃棄物処理施設の信頼性を高めるため、維持管理に関する事項が強化されている。処理施設設置者には、次の責務などが課せられている。

- ① 構造基準・維持管理基準に従わなければならない。
- ② 産業廃棄物管理責任者及び技術管理者を設置しなければならない。
- ③ 許可を受けた者は、知事又は政令市長の検査を受け、施設が許可の技術上の基準に適合していると認められた後でなければ使用してはならない。
- ④ 産業廃棄物処理施設が設置されている事業場を設置している事業者は、必要事項の記録、帳簿の作成及び6月30日までに処理施設の処理実績を報告しなければならない。
- ⑤ 主要な設備、処理能力の変更等のうち、処理能力の10%以上の変更、処理施設の位置及び処理方法に係る変更、維持管理計画等の変更が生じたときは変更許可が必要であること。
- ⑥ 変更届出、施設の承継届出及び廃止・休止等の届出並びに最終処分場埋立終了の届出すること。
- ⑦ 施設の許可の取り消し又は改善・使用停止命令に従うこと。



#### 4.4 ダイオキシン類対策の推進

廃棄物処理法の改正に伴って、ダイオキシン類の排出を抑制するため、平成9年12月1日から焼却施設の構造・維持管理基準が強化された。

また、平成11年3月30日にダイオキシン対策推進基本指針が閣議決定され、各種基準の検討、ダイオキシン類削減対策、適正処理、リサイクル及び減量化等が推進されることになり、平成12年1月15日に施行されたダイオキシン類対策特別措置法により、廃棄物焼却炉が特定施設として規制されることになった。

**ダイオキシン類とは** 化学物質の合成過程、燃焼過程等で非意図的に生成される混合物

ポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF：異性体 135種類)

ポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン (PCDD：異性体 75種類)

コプラナPCB

ダイオキシン類は、廃棄物処理法ではPCDDとPCDFの混合物とされており、化学物質の合成過程や燃焼過程などで非意図的に生成され、強い急性毒性を持つことが知られており、発がん性、生殖毒性、免疫毒性等広範囲にわたる毒性影響が報告されている。

##### (1) ダイオキシン類の排出抑制

ダイオキシン類を削減するためには、

- ① 廃棄物を高温で完全燃焼させること
- ② 燃焼ガスを速やかに冷却すること
- ③ 排ガス処理を徹底すること

が重要であり、廃棄物処理法に基づき焼却施設の構造・維持管理基準が定められており、この中で、排ガス中のダイオキシン類の濃度基準が定められている（表1-5）。

また、濃度規制については、ダイオキシン類対策特別措置法にも盛り込まれている。

表1-5 ダイオキシン類の濃度基準

| 燃焼室の規模<br>(処理能力) | 新設の焼却施設              | 既設の焼却施設             |                     |
|------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
|                  |                      | H14.11.30まで         | H14.12.1から          |
| 2トン/時未満          | 5 ng/m <sup>3</sup>  | 80ng/m <sup>3</sup> | 10ng/m <sup>3</sup> |
| 2～4トン/時          | 1ng/m <sup>3</sup>   |                     | 5ng/m <sup>3</sup>  |
| 4トン/時以上          | 0.1ng/m <sup>3</sup> |                     | 1ng/m <sup>3</sup>  |

◇ ダイオキシン濃度の測定 ⇒ 1年に1回以上測定し、基準に適合していること。

ばい煙量等の測定 ⇒ 6か月に1回以上測定し、基準に適合していること。

◇ 構造・維持管理基準違反は、使用停止命令・改善命令等の対象になり、命令違反は罰則の対象になる。

##### (2) ダイオキシン類対策特別措置法

平成11年7月に公布され、12年1月15日から施行され、この法律では、ダイオキシン類として、PCDD（ポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン）、PCDF（ポリ塩化ジベンゾフラン）及びコプラナPCBが位置付けられ、生活環境の保全に努めることとされた。

また、ダイオキシン類を人が生涯にわたって継続的に摂取しても、健康に影響を及ぼすおそ

れない1日あたりの摂取量で2,3,7,8四塩化ジベンゾーパラジオキシン(2,3,7,8-TCDD)の量として表した耐容一日摂取量(TDI:Tolerable Daily Intake)を人の体重1kgあたり4ピコグラム(pg)とし、この耐容一日摂取量は科学的知見に基づいて、必要な改正を行うものとされている。さらに、人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準として環境基準が定められた(表1-6)。

このほか、特定施設を定め対象となる施設(50kg/h以上の小型焼却炉を含む)を届出することとし、また、排出基準を定め、この遵守により排出抑制を行うとともに、総量規制や直罰制の導入、施設の維持管理基準の設定、施設設置者による測定義務付け、公表などの措置が定められた。

表1-6 ダイオキシン類関係の環境基準

| 媒体 | 基準値                          | ※ TEQ:ダイオキシン類のうち最も毒性の強い2,3,7,8-TCDDの毒性を1として、他のダイオキシン類の毒性の強さを換算し、合計した値のことです。 |
|----|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 大気 | 0.6 pg-TEQ/m <sup>3</sup> 以下 |                                                                             |
| 水質 | 1 pg-TEQ/l 以下                |                                                                             |
| 土壌 | 1,000 pg-TEQ/g 以下            |                                                                             |

## 5 今後の動向

### 5.1 国における取組み

国においては、ダイオキシン対策関係閣僚会議を設置して、平成11年3月に、ダイオキシン類削減対策基本指針を策定し、また、平成11年7月に、ダイオキシン類対策特別措置法を定め、環境基準の制定、総量規制の導入などを進めているほか、平成11年9月には、廃棄物の減量化目標量を閣議決定し、平成22年度までに埋立処分量を現状の半分に削減するなどしている。

さらに、廃棄物の処理については、廃棄物処理施設の安全性、信頼性のほか、不法投棄対策、ダイオキシン類の削減対策など多くの課題が指摘されていることから、廃棄物処理法の改正や循環型社会基本法の制定など、新たな廃棄物のリサイクル促進等のための施策について検討が進められている。

表1-7 減量化目標量\*

|          | 一般廃棄物                           | 産業廃棄物                              |
|----------|---------------------------------|------------------------------------|
| 排出量の削減   | 5%削減<br>(53百万トン→50百万トン)         | 増加を13%に抑制<br>(4億26百万トン→4億80百万トン)   |
| 再生利用量の拡大 | 10%から24%に増加<br>(5.5百万トン→12百万トン) | 42%から48%に増加<br>(1億81百万トン→2億32百万トン) |
| 最終処分量の削減 | 50%削減<br>(13百万トン→5.5百万トン)       | 50%に削減<br>(60百万トン→31百万トン)          |

\* 現状(平成8年度)に対する平成22年度を目標年度とした目標量

(1) 廃棄物処理法の改正内容として検討されている事項 \*

① 基本方針と廃棄物処理計画

環境大臣は、廃棄物の排出の抑制、再生利用等による廃棄物の減量その他その適正な処理に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本的な方針を策定。

都道府県は、基本方針に即して、区域内における廃棄物の減量その他その適正な処理に関する計画を策定。

② 産業廃棄物の適正処理のための規制の強化に関する事項

廃棄物処理施設の設置許可要件、産業廃棄物処理業者の取消要件等の強化

③ 産業廃棄物管理票制度に関する事項

最終処分者がマニフェスト交付者（排出事業者、中間処理業者）に送付している現行制度に、最終処分の終了した旨の記載を追加すること。

中間処理業者、最終処分の終了した旨を記載したマニフェストの写しをマニフェスト交付者へ送付すること。

マニフェスト交付者、最終処分の終了した旨を記載したマニフェストの写しの送付がないときに、状況把握及び適切な措置を講ずること。

許可業者、不正マニフェスト（マニフェスト記載事項について虚偽記載をした文書）の作成・交付を禁止する。

④ 廃棄物の焼却の禁止に関する事項

何人も、他の法令又は政令で定める等の方法によるときを除き、廃棄物を焼却してはならないものとする。（直罰）

⑤ 廃棄物処理センターに関する事項

\* 国会への提案が予定されているが内容は修正されることがある。

(2) 循環型社会基本法（仮称）案の内容として検討されている事項 \*

① 法律制定の主旨

循環型社会の構築のための活動が、全ての関係者の公平な役割分担の下で、自主的かつ積極的に行われ、環境負荷の低減により、持続的に発展可能な社会の構築を推進する。

② 優先順位

発生抑制(リデュース)、再使用(リユース)、再生利用(マテリアル・リサイクル)、エネルギー利用(サーマル・リサイクル)

③ 基本計画の策定 基本的な目標、年度毎にフォローアップ

④ 責務の体系化 国……………規制、誘導、啓発・助言等の措置等  
事業者……………自発的な取組みの推進等  
地方公共団体…国に準じた施策等を推進

\* 国会への提案が予定されているが内容は修正されることがある。

(3) 建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（仮称）案の内容として検討されている事項 \*

① 法律制定の主旨

特定の建設資材（コンクリート、アスファルトコンクリート及び木材）の分別解体等及

び資源化等を促進するための措置を講ずるとともに、解体工事業者について登録制度の実施による再生資源の十分な利用及び廃棄物の減量化等を通じて、適正処理を図る。

- ② 分別解体等の実施 一定規模以上の工事は分別解体等を行うこと
- ③ 工事の届出 分別解体等の計画等を知事届出ること
- ④ 再資源化等の実施 工事受注者は再資源化しなければならないこと
- ⑤ 解体業者の登録 都道府県知事の登録を受けること
- ⑥ 罰則等 責務規定、罰則その他所要の規定

\* 国会への提案が予定されているが内容は修正されることがある。

## 5.2 北海道における取組み

北海道においても、本道の豊かな自然環境や快適な生活環境を保全し、次の世代に引き継いでいくために、北海道環境基本条例に基づき、本道の廃棄物対策を総合的・計画的に推進し、循環型社会の構築を目指した計画として、「ごみゼロ・プログラム北海道」の策定について検討を進めている。

このプログラムにおいては、北海道におけるごみ処理の将来像と基本方針や目標値を設定し、北海道における廃棄物対策の取組みについて、パートナーシップを図りながら、

- ① ごみの発生・排出抑制の取組
- ② リサイクルの積極的な推進
- ③ 廃棄物の適正処理

を柱に、計画的に施策を推進することとしている。さらに、個別には、

- ① ごみ処理の広域化計画の推進
- ② 容器包装リサイクル及び家電リサイクルの推進
- ③ エコランド北海道21プラン（エコタウン事業）の取組み
- ④ 北海道産業廃棄物処理計画の策定
- ⑤ 北海道建設リサイクル推進計画（建設廃棄物の最終処分量の半減、リサイクル率の80% [平成12年度]を目標）の推進

などの各種施策を推進することとしている。

## 6 まとめ

国においては、ダイオキシン対策基本指針を策定したほか、循環型社会の構築に向けて、循環型社会基本法の制定や廃棄物処理法の改正をはじめとした関係法令の整備を進めることとしており、今後、行政、事業者、道民一人ひとりが、それぞれの立場で役割を担いながら、廃棄物の減量化やリサイクルを積極的に推進するため、リサイクル施設の整備促進や情報提供等に取り組んでいくことが求められている。



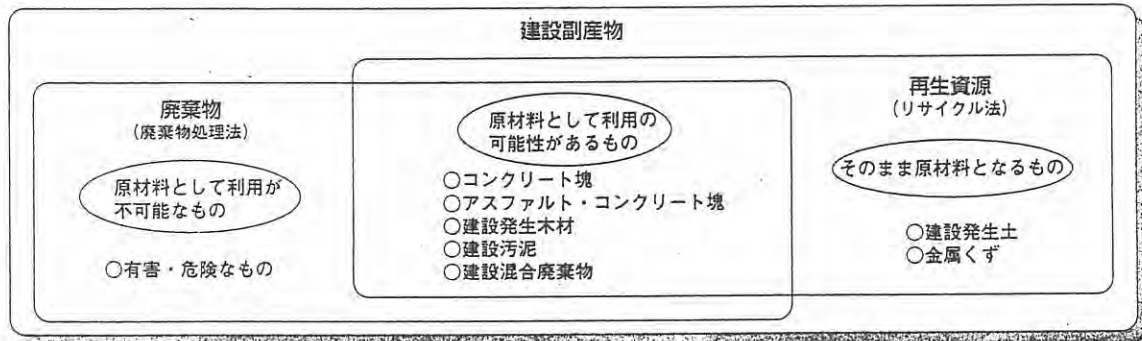
## 第 2 部—Ⅱ

# 建設副産物とは

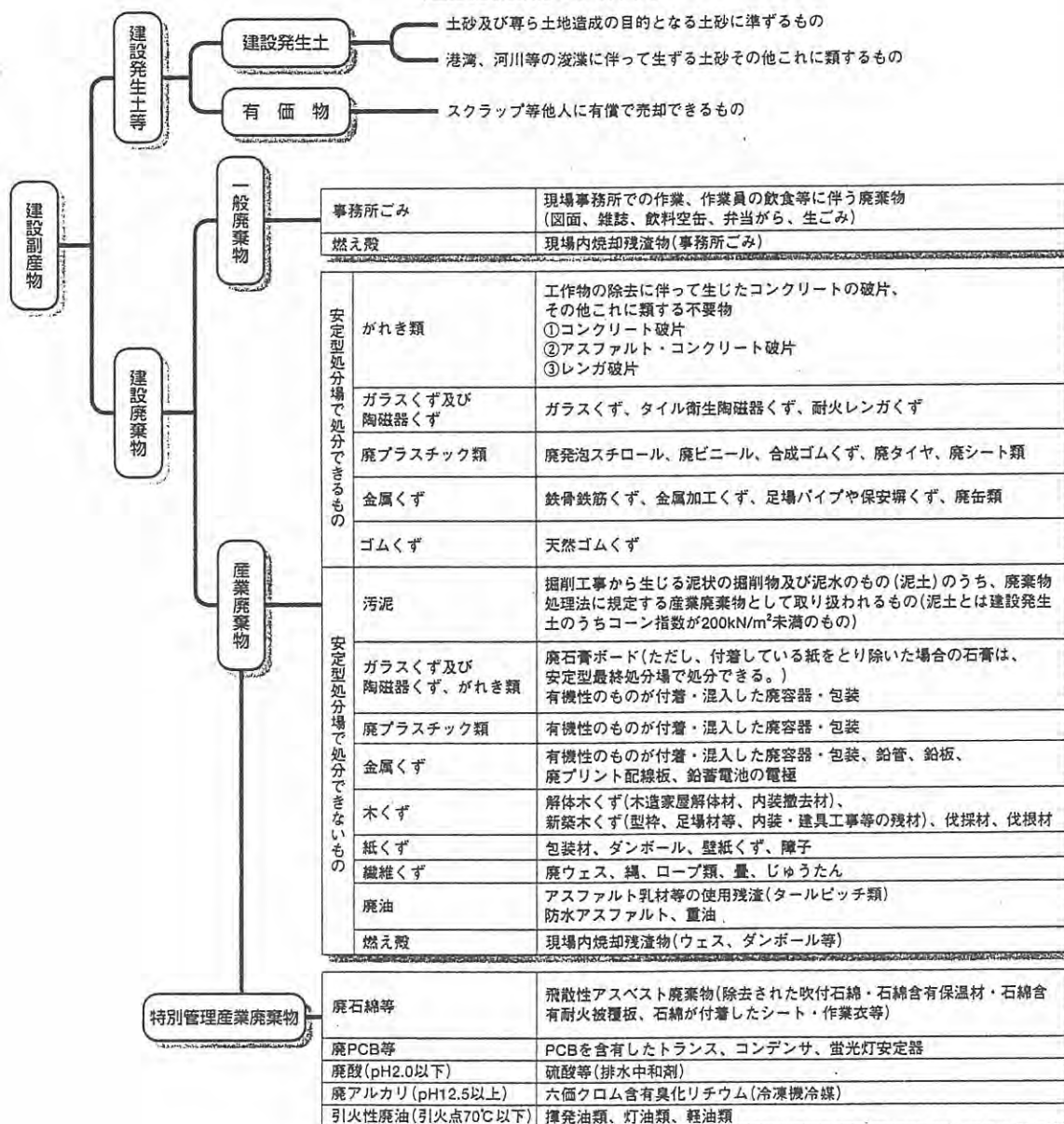
建設副産物とは、建設工事に伴い副次的に得られる物品であり、再生資源及び廃棄物を含むものです。

再生資源とは、副産物のうち有用なものであって原材料として利用することができるもの又はその可能性のあるものです。例えばコンクリート塊は廃棄物であるとともに、再生資源としても位置付けられるものです。建設発生土は再生資源ですが、廃棄物ではありません。

## 建設副産物と再生資源、廃棄物との関係



## 建設副産物の具体例

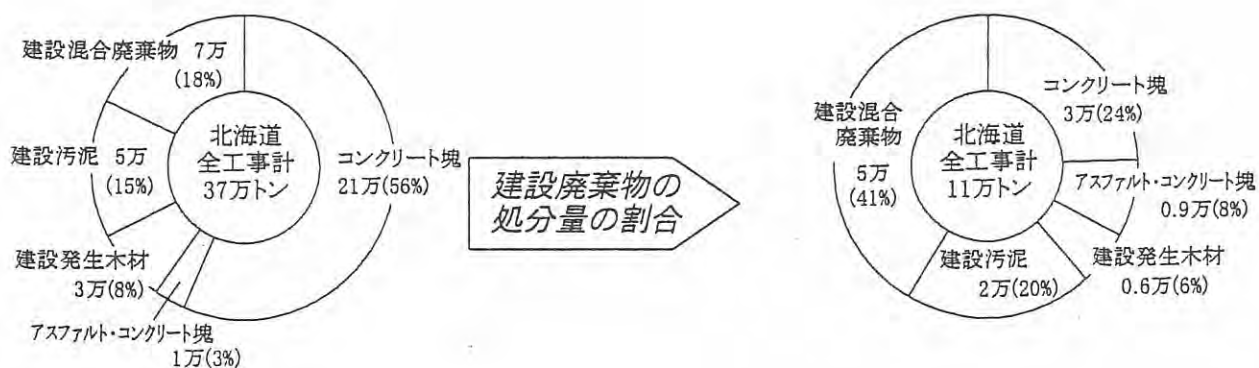
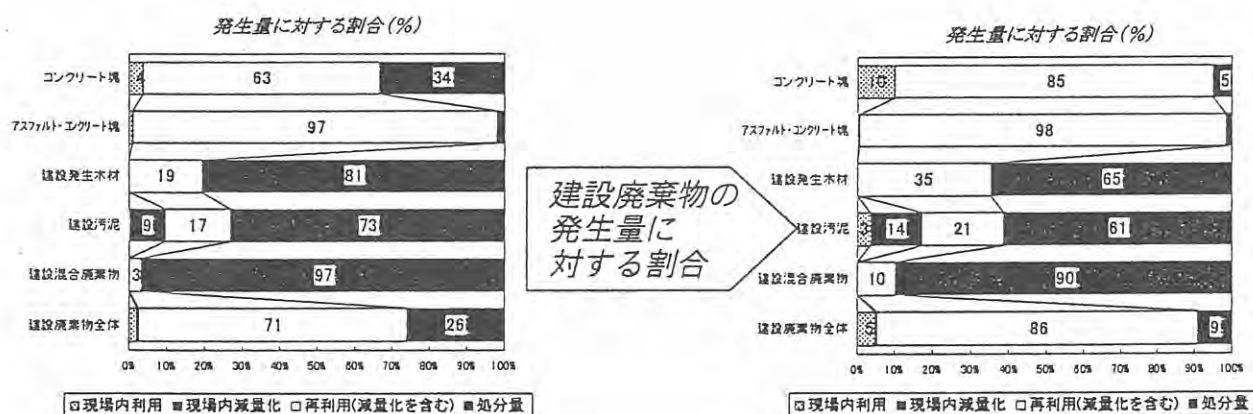
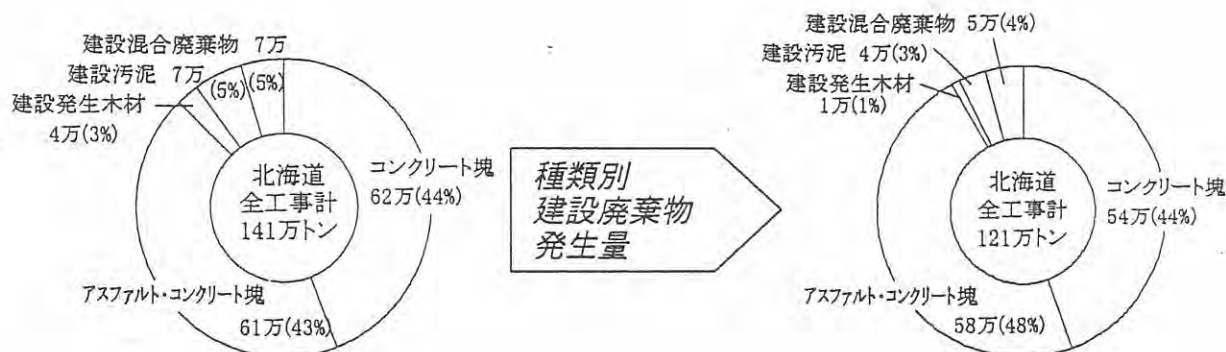


平成10年度 建設副産物中間実態調査(簡易センサス)結果について

平成12年1月25日  
北海道地方建設副産物対策連絡協議会

(1) 建設廃棄物の状況

- ・建設廃棄物の種類別発生量の割合は前回調査(平成7年度)とほぼ同様
- ・建設廃棄物の再利用(現場内利用・現場内減量・再利用・減量化)の割合は、平成7年度の74%から91%に増加
- ・すべての建設廃棄物で再利用の割合が高まっている

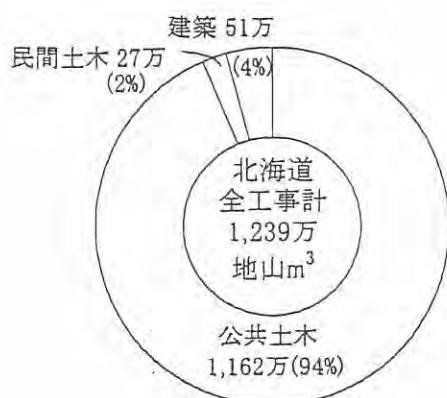


平成7年度

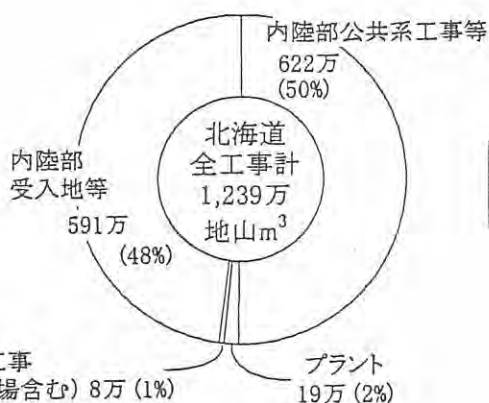
平成10年度

## (2) 建設発生土の状況

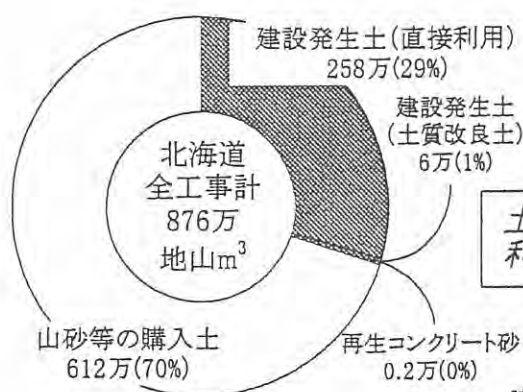
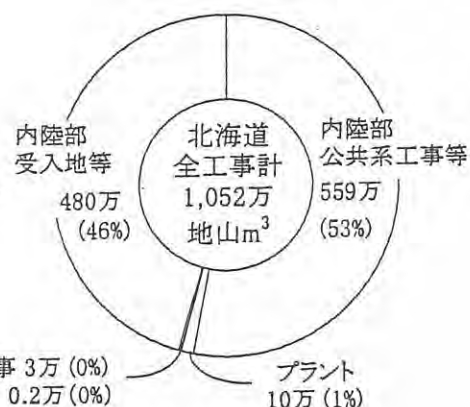
- ・内陸部の公共工事やその他の有効利用として場外搬出された土量の割合は横ばい
- ・内陸部の受入地はやや減少傾向
- ・建設発生土の受入状況では、建設発生土の直接利用が約20ポイント増加
- ・前回調査（平成7年度）で7割を占めていた山砂等の購入土利用は、5割程度まで低下



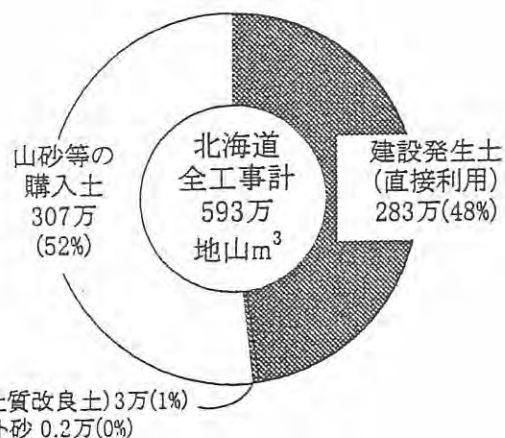
工事区分別  
建設発生土の  
搬出量



建設発生土の  
搬出先種類



土砂  
利用量



平成7年度

平成10年度



建設廃棄物の種類別発生量、再利用率  
回収されたデータによる建設副産物の単純集計結果は以下のとおりである。

表1 建設廃棄物の発生量(単純集計値)

単位:千トン

|               | 土木工事 |        |     |     |        |       | 民間土木 |       | 建築工事 |     |     |
|---------------|------|--------|-----|-----|--------|-------|------|-------|------|-----|-----|
|               | 公共土木 |        |     |     |        |       | 計    | 計     | 新築   | 改築  | 計   |
|               | 国    | 公団・事業団 | 北海道 | 札幌市 | その他市町村 | 計     |      |       |      |     |     |
| 建設廃棄物合計       | 538  | 3      | 256 | 124 | 162    | 1,082 | 9    | 1,091 | 21   | 102 | 123 |
| コンクリート塊       | 227  | 1      | 132 | 29  | 50     | 439   | 3    | 442   | 15   | 83  | 98  |
| アスファルトコンクリート塊 | 257  | 2      | 120 | 81  | 110    | 569   | 5    | 574   | 1    | 1   | 2   |
| 建設発生木材        | 2    | 0      | 0   | 0   | 0      | 2     | 0    | 2     | 1    | 7   | 8   |
| 建設汚泥          | 22   | 0      | 1   | 11  | 1      | 35    | 1    | 36    | 1    | 0   | 1   |
| 建設混合廃棄物       | 30   | 0      | 3   | 3   | 1      | 37    | 0    | 38    | 3    | 11  | 14  |

表2 建設廃棄物の再利用率等(単純集計値)

単位:%

|               | 土木工事  |        |      |       |        |      | 民間土木 |      | 建築工事 |       |      |
|---------------|-------|--------|------|-------|--------|------|------|------|------|-------|------|
|               | 公共土木  |        |      |       |        |      | 計    | 計    | 新築   | 改築    | 計    |
|               | 国     | 公団・事業団 | 北海道  | 札幌市   | その他市町村 | 計    |      |      |      |       |      |
| 建設廃棄物合計       | 91.4  | 97.4   | 95.3 | 88.2  | 95.1   | 92.5 | 62.3 | 92.3 | 74.1 | 77.7  | 77.1 |
| コンクリート塊       | 97.2  | 100.0  | 93.9 | 98.1  | 92.6   | 95.7 | 93.3 | 95.7 | 90.8 | 91.6  | 91.5 |
| アスファルトコンクリート塊 | 98.8  | 100.0  | 99.2 | 100.0 | 97.5   | 98.8 | 52.1 | 98.4 | 99.6 | 100.0 | 99.8 |
| 建設発生木材        | 100.0 | 0.0    | 8.8  | —     | —      | 81.5 | 0.0  | 81.2 | 25.4 | 21.5  | 22.1 |
| 建設汚泥          | 62.9  | —      | 2.4  | 0.0   | 0.0    | 39.8 | 0.0  | 39.3 | 13.6 | 25.4  | 13.6 |
| 建設混合廃棄物       | 4.5   | 8.2    | 43.0 | 8.7   | 7.8    | 8.6  | 3.4  | 8.6  | 6.2  | 6.0   | 6.1  |

注1) 発生量に対する現場内利用+現場内減量+場外搬出のうち再利用率等の率  
建設発生木材の再利用率等はリサイクル施設への搬出量

注2) 建設汚泥、建設混合廃棄物の再利用率等は減量化量を含む

建設発生土の発生量、搬出量、利用量、再利用率  
回収されたデータによる建設発生土の単純集計結果は以下のとおりである。

表3 発注区分別建設発生土の搬出先種類(単純集計値)

単位:千m3

|                | 土木工事   |        |       |     |        |        | 民間土木 |        | 建築工事<br>(新築<br>非木造) |  |
|----------------|--------|--------|-------|-----|--------|--------|------|--------|---------------------|--|
|                | 公共土木   |        |       |     |        |        | 計    | 計      |                     |  |
|                | 国      | 公団・事業団 | 北海道   | 札幌市 | その他市町村 | 計      |      |        |                     |  |
| 発生量            | 11,136 | 1,929  | 5,358 | 788 | 1,948  | 21,159 | 151  | 21,310 | 420                 |  |
| 現場内利用          | 6,601  | 1,921  | 1,783 | 151 | 616    | 11,072 | 5    | 11,077 | 135                 |  |
| 現場搬出量          | 4,535  | 8      | 3,575 | 637 | 1,332  | 10,087 | 146  | 10,233 | 285                 |  |
| 内陸部工事等(公共以外含む) | 3,243  | 0      | 1,203 | 180 | 736    | 5,362  | 74   | 5,436  | 155                 |  |
| プラント           | 2      | 0      | 12    | 80  | 1      | 95     | 0    | 95     | 0                   |  |
| 海面埋め立て等        | 11     | 0      | 3     | 1   | 12     | 27     | 0    | 27     | 0                   |  |
| 海面処分場          | 0      | 0      | 2     | 0   | 0      | 2      | 0    | 2      | 0                   |  |
| 内陸部受入地等        | 1,279  | 8      | 2,355 | 377 | 582    | 4,601  | 73   | 4,674  | 130                 |  |

表4 発注区分別土砂利用量、再利用率(単純集計値)

上段:現場内利用を含む  
下段:現場内利用を除く

|            | 土木工事   |        |       |      |        |        | 民間土木 |        | 建築工事<br>(新築<br>非木造) |  |
|------------|--------|--------|-------|------|--------|--------|------|--------|---------------------|--|
|            | 公共土木   |        |       |      |        |        | 計    | 計      |                     |  |
|            | 国      | 公団・事業団 | 北海道   | 札幌市  | その他市町村 | 計      |      |        |                     |  |
| 土砂利用量(千m3) | 10,407 | 2,047  | 2,979 | 561  | 971    | 16,965 | 51   | 17,016 | 171                 |  |
|            | 3,856  | 39     | 1,205 | 410  | 356    | 5,866  | 17   | 5,883  | 47                  |  |
| 建設発生土      | 8,100  | 2,047  | 2,492 | 287  | 740    | 13,666 | 35   | 13,701 | 145                 |  |
| 土質改良土      | 1,788  | 39     | 719   | 137  | 126    | 2,809  | 0    | 2,809  | 21                  |  |
|            | 261    | 0      | 1     | 10   | 0      | 272    | 0    | 272    | 0                   |  |
|            | 22     | 0      | 0     | 10   | 0      | 32     | 0    | 32     | 0                   |  |
| 再生コンクリート砂  | 0      | 0      | 0     | 2    | 0      | 2      | 0    | 2      | 0                   |  |
|            | 0      | 0      | 0     | 2    | 0      | 2      | 0    | 2      | 0                   |  |
| 購入土        | 2,046  | 0      | 486   | 262  | 231    | 3,025  | 17   | 3,042  | 26                  |  |
|            | 2,046  | 0      | 486   | 262  | 231    | 3,025  | 17   | 3,042  | 26                  |  |
| 再利用率(%)    | 80.3   | 100.0  | 83.7  | 53.3 | 76.2   | 82.2   | 67.5 | 82.1   | 84.8                |  |
|            | 46.9   | 100.0  | 59.7  | 36.2 | 35.0   | 48.4   | 0.0  | 48.3   | 44.9                |  |

注) 再利用率は、土砂利用量に対する建設発生土+土質改良土+再生コンクリート砂の利用率

## 建設副産物に関する取り組み

| 関係法令                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 大綱・計画（国）                                                                                                                                                                                         | 北海道の対応                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>●H3.10.25<br/>「再生資源の利用促進に関する法律」<br/>（リサイクル法）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・再生資源の利用</li> <li>・再生資源の利用促進</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>●H5.1.12<br/>建設副産物適正処理推進要綱<br/>・適正処理のための基準</p>                                                                                                                                                | <p>●H3.5.24<br/>北海道地方建設副産物対策連絡協議会<br/>設立（開発局、道、札幌市、公団、<br/>建設業団体）</p>                                                                     |
| <p>●H4.7.4<br/>「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」<br/>（廃掃法の改正）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・減量化・再生の促進</li> <li>・適正処理の確保</li> <li>・処理施設の確保</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>●H6.1.13<br/>建設省環境政策大綱<br/>・建設省の環境政策の基本的考え方</p>                                                                                                                                               | <p>各地域連絡協議会も併せて設立<br/>（開建単位：国、道、市町村、建設業団体）</p>                                                                                            |
| <p>●H4.9.25<br/>「産業廃棄物の処理に係る特定施設の<br/>整備の促進に関する法律」<br/>（産業廃棄物処理特定施設整備促進法）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・施設立地促進</li> <li>・周辺公共施設整備</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>●H6.4.12<br/>建設副産物対策基本計画（リサイク<br/>ルプラン21）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・西暦2000年を目標に建設副産物の<br/>リサイクルの目標値を設定し、発<br/>注者、施工者、処理会社が一体と<br/>なって目標達成のため努力する。</li> <li>・施策の柱</li> </ul> | <p>●H6.4.12<br/>北海道版リサイクルプラン21策定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・北海道内におけるリサイクルの目標<br/>値の設定</li> <li>・地方連絡協議会において策定</li> </ul> |
| <p>●H5.6.25<br/>「エネルギー等の使用の合理化及び再生<br/>資源の利用に関する事業活動の促進に<br/>関する臨時措置法」<br/>（省エネ・リサイクル支援法）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・技術開発の支援</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>●H6.9.28<br/>建設副産物適正処理指針策定（北海道<br/>土木部）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・排出事業者の責務、発注者の責務、<br/>適正処理フロー、利用計画書・実施<br/>書の作成</li> </ul>                                                 | <p>●H9.10.6<br/>北海道建設部建設副産物リサイクル委<br/>員会設立</p>                                                                                            |
| <p>●H8.11.20<br/>建設リサイクル推進懇談会報告<br/>・他産業に比べて建設関係のリサイ<br/>クルが遅れていることから、抜本<br/>的な施策の再構築が必要</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>①設計の工夫等による発生の抑制<br/>②最大限のリサイクル推進<br/>③再利用困難なものの適正処理推進<br/>④積極的な技術開発の推進</p>                                                                                                                    | <p>●H10.4.24<br/>北海道建設リサイクル推進協議会設立</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建設部、農政部、水産林務部、環境<br/>生活部、経済部</li> </ul>                    |
| <p>●H9.6.18（公布）<br/>「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」<br/>（廃掃法の改正）</p> <p>○一次施行（H9.12.17）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・リサイクル推進のための規制緩和</li> <li>・罰則の強化</li> </ul> <p>○二次施行（H10.6.17）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・施設の設置手続きの明確化</li> <li>・維持管理状況の記録、閲覧</li> <li>・原状回復のための特別措置</li> </ul> <p>○三次施行（H10.12.1）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・マニフェスト制度の充実</li> <li>・措置命令の対象範囲の拡大</li> </ul> | <p>[3つの基本施策]①発生の抑制<br/>②再利用の促進<br/>③適正処理の推進</p> <p>[3つの基盤施策]①新たな仕組み構築<br/>②技術開発の推進<br/>③理解と参画</p>                                                                                                | <p>●H11.3.31<br/>北海道地域版「建設リサイクル推進計<br/>画」の策定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国の計画をベースに新たな施策を導<br/>入し、目標値を見直す。</li> </ul>      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>●H9.10.7<br/>建設リサイクル推進計画'97<br/>懇談会の提言を踏まえ、3つの基本<br/>施策と3つの基盤施策を具体化するた<br/>めの行動計画を定めた。</p>                                                                                                    | <p>●H11.5.21<br/>北海道建設リサイクル推進計画の策定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・道庁版推進計画の策定</li> </ul>                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>●H10.12.1<br/>建設副産物適正処理要綱の改訂</p>                                                                                                                                                              |                                                                                                                                           |

# 北海道建設リサイクル推進計画概要

## 1 計画策定の背景と目的

地球規模で環境問題への取り組みが図られているなか、北海道も「北海道環境条例」の制定をはじめ、「公共工事環境配慮ガイドライン」の策定など、環境重視型社会の構築に向け枠組みが整備されてきている。

建設廃棄物及び建設発生土の搬出量は住宅や社会資本の更新時期を迎え、今後さらに増大すると予想されている。

建設省は建設リサイクル推進懇談会の提言を受け、建設リサイクルの推進に向けた基本的な考え方、目標、具体的な施策などを「建設リサイクル推進計画'97」として策定した。

このような経緯から北海道地方建設副産物対策連絡協議会でも「北海道地方建設副産物リサイクル推進計画」を策定し、道としても公共工事発注3部を中心に庁内の横断的な連携を図り、推進・行動計画として「北海道建設リサイクル推進計画」を策定した。

## 2 計画の基本的な考え方

環境重視型社会構築の観点から、建設副産物を計画・設計から施工までの各段階で

基本施策：①発生抑制 ②再利用（資源リサイクル）の推進 ③適正処理の推進

基盤施策：①新たなしくみの構築 ②技術開発の促進 ③理解と参画

を具体化するため、関連施策を行動計画として取りまとめた。

行動計画は

- 1) 公共工事発注者としての責務の徹底
- 2) 公共工事におけるリサイクル事業の推進
- 3) 民間建築における建設リサイクルの推進の3点に重点を置いて策定。

## 3 計画の目標

本計画の目標（リサイクル率の目標値）

|                | H12目標 | H2達成状況 | H7達成状況 | H10達成状況 |
|----------------|-------|--------|--------|---------|
| 建設廃棄物          | 80%   | 13%    | 60%    | 95%     |
| コンクリート塊        | 80%   | 3%     | 51%    | 94%     |
| アスファルト・コンクリート塊 | 100%  | 44%    | 91%    | 99%     |
| 建設発生木材         | 85%   | 2%     | 22%    | 9%      |
| 建設汚泥           | 50%   | 4%     | 6%     | 2%      |
| 建設混合廃棄物        | 45%   | 8%     | 3%     | 43%     |
| 建設発生土          | 80%   | 20%    | 32%    | 60%     |

## 4 行動計画の概要

計画の目標を達成するため、国の施策と連携を図りながら行動計画を策定

### 1) 公共工事発注者としての責務の徹底

#### ①計画・設計段階での取り組み

- ・再使用量、最終処分量等の概要をまとめたリサイクル計画書の作成
- ・建設リサイクルガイドラインの活用

#### ②リサイクル原則化ルール of 徹底と対象の拡大

- ・発生土、コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊、発生木材について原則化ルール of 徹底
- ・建設汚泥、建設混合廃棄物についても原則化ルール of 導入
- ・仕様書等に処分方法 of 指定と条件明示

#### ③公共工事間の連携強化、地方建設副産物対策連絡協議会との連携強化

### 2) 公共工事におけるリサイクル事業 of 推進

#### ①現場内でのリサイクル of 推進

#### ②再生資源 of 積極的利用

#### ③ストックヤードや情報交換システム of 整備

### 3) 民間における建設リサイクル of 推進

#### ①混合廃棄物、発生木材 of リサイクル法への適用など国 of 施策に対応

## 5 計画の見直し及びフォローアップ

建設副産物対策協議会で行う実態調査と連携し、目標値に対する達成状況を評価、必要に応じて見直しを行う。



# 建設副産物対策の実務上の留意点

本編は、現場における建設副産物対策に関する実務上の留意事項を、企画・設計段階から工事完成に至るまでの流れに沿って、発注者、元請業者、下請業者それぞれについてとりまとめたものです。

リサイクル法、廃棄物処理法、建設副産物適正処理推進要綱等をできるだけ網羅するようとりまとめていますが、詳細については、併せて記載している参考法令等を参照して下さい。

## 建設副産物対策の実務留意事項

| 工事の<br>段階 | 計画・設計                  | 積 算<br>(見積り)                                                                                                                                                                                                          | 発 注<br>(契約)                                                                                                                                            | 施工計画                                                                                                                                                    | 施工                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                        |
|-----------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 留意事項      | 発注者                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>●建設副産物の発生の抑制に資する工法・資材の採用等を検討する。</li> <li>●再生資源の利用の促進に努める。</li> <li>●発生する建設副産物の種類、質、数量を把握し、種類別の再生処分方法、処分先を検討する。</li> <li>●「リサイクル計画書」を作成する。</li> <li>●解体工事に係る計画を作成する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●指定処分を原則として処理費用(再資源化に要する費用を含む)、運搬費用等を適正に積算する。</li> <li>●「リサイクル計画書」を作成する。</li> <li>●リサイクル原則化ルールを適用する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●設計図書等に採用する工法・資材、使用する再生資材の規格・使用箇所、発生する建設副産物の処理方法、処分先等を明示するとともに、必要な経費を計上する。</li> <li>●「リサイクル計画書」を作成する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●再生資源利用促進計画、再生資源利用計画、廃棄物処理計画の作成等の指導。</li> <li>●他の工事現場との連絡調整、ストックヤードの確保等に努める。</li> </ul>                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>●工事現場における責任者を明確にする(監視員との兼務可)。</li> <li>●明示した条件に基づく工事の実施等の指導。</li> </ul>                                                                         |
|           | 元請業者                   |                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>●仕様書、設計図書を確認する。</li> <li>●疑問点については現場説明会で質問する。</li> </ul>                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>●建設副産物の発生の抑制、減量化、再資源化に配慮した施工計画の一環として、再生資源利用促進計画、再生資源利用計画、解体工事に係る計画を作成する。</li> <li>●廃棄物処理計画の作成に努める。</li> <li>●他の工事現場との連絡調整、ストックヤードの確保等に努める。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●工事現場における建設副産物対策の責任者を明確にする(主任技術者との兼務可)。</li> <li>●再生資源利用計画、再生資源利用促進計画、廃棄物処理計画等の内容について、現場担当者の教育、協力業者に対する周知徹底。</li> <li>●建築物等の分別解体を行う。</li> </ul> |
|           | 協力業者                   |                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>●工事にかかる前に建設副産物の処理方法等を元請業者と協議し、十分理解しておく。</li> <li>●元請業者と協力して副産物の適正処理に努める。</li> <li>●周辺の生活環境に悪影響を及ぼさないよう適切に施工する。</li> </ul>                       |
| 参考法令等     | リ法4<br>基本<br>要綱6、10、21 | 要綱6、21                                                                                                                                                                                                                | 基本<br>要綱6                                                                                                                                              | リ法4<br>基本<br>判断<br>要綱7、10、11、<br>17、21、23                                                                                                               | 判断<br>要綱8、15、21、26                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                        |

参考法令等凡例

リ法〇……リサイクル法第〇条

基本……リサイクル法に基づき国が定めたリサイクルに関する基本方針(告示)

判断……リサイクル法第10条、第18条に基づく利用や搬出の際の判断の基準(建設省令)

廃法〇……廃棄物処理法第〇条

要綱〇……建設副産物適正処理推進要綱第〇

| 現場での分別・保管                                                                                                                  | 再利用                                                                                                                                       | 減量化                                                                                       | 処理                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 工事完了                                                                                                                                                                                         | その他                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>●適正に分別、保管されているか確認に努める。</li> </ul>                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>●施工者と協力して再生資源の利用及び利用の促進に努める。</li> </ul>                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>●適正に減量化されているか確認に努める。</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>●適正に埋立、処分等されているか書面等により確認に努める。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>●副産物が適正に処理されたことを確認する。</li> <li>●現場に廃棄物が残置されていないか確認する。</li> <li>●明示した条件に変更が生じた場合には、適切に精算変更する。</li> <li>●完了検査時に再生資源利用[促進]計画により、リサイクル実績を確認する。</li> </ul> |                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>●処理方法に応じて分別を徹底した上で、各々混入しないように保管する。</li> <li>●周辺の生活環境に悪影響を及ぼさないよう適切に保管する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●副産物の発生抑制、現場内利用、減量化、再生資源の積極的活用を努める。</li> <li>●指定副産物については、特に再資源化施設に持ち込む等再利用が促進されるように努める。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●再資源化施設に持ち込めない副産物は現場での脱水、乾燥等により減量化に努める。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●安全の確保及び振動、騒音、塵埃等の防止等、公衆災害の防止に努める。</li> <li>●飛散、流出しないよう適切な構造の運搬車両等を使用する。</li> <li>●過積載とならないよう徹底する。</li> <li>●建設廃棄物の処理を委託する場合は、運搬と処分についてそれぞれの許可業者と書面により委託契約する。</li> <li>●マニフェスト等で処理が契約内容に沿って適正に行われたか確認する。</li> <li>●契約内容を適切に履行するよう関係者を指導監督する。</li> <li>●混合廃棄物の積替保管に当たって、手選別等により廃棄物の性状を変えない。</li> <li>●解体工事と解体廃棄物処理はそれぞれ個別に直接契約する。</li> <li>●廃棄物の特性に応じた適正な処理を行う。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●再生資源利用促進計画及び再生資源利用計画の実施状況を把握し、求めに応じて発注者に提出するとともに、記録を1年間保存する。</li> <li>●廃棄物処理計画の実施状況を把握し、記録の保存に努める。</li> <li>●副産物が適正に処理されたことを確認する。</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>●工事現場の責任者に対する指導、職員及び協力業者に対する認識の啓発等のための社内管理体制を整備する。</li> <li>●リサイクルに資する技術開発に努める。</li> </ul> |
| 同上                                                                                                                         | 同上                                                                                                                                        | 同上                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>●元請業者と協力して建設副産物の適正処理に努める。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                   |
| 基本<br>廃法12<br>要綱12、16、26                                                                                                   | リ法4<br>基本<br>判断<br>要綱11、15、19、22、23、24、25、26                                                                                              | 要綱15、19、25                                                                                | 廃法12、21<br>要綱13、14、17、18、19、20、23、24、25、26、27、28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 判断<br>要綱7                                                                                                                                                                                    | 基本<br>要綱9                                                                                                                         |

## 第 2 部-Ⅲ- 1

# 北海道廃棄物リサイクル産業の現状と課題

宮本 政博\*

## 1, はじめに

北海道内の産業廃棄物の特色では、道内年間排出量約4,300万トンの内、産業別排出量では、全体の53%を農業が占め、次に建設業19%、電気・水道業13%、製造業12%の順となっており全排出量の97%を占めている。

これを、全国的な傾向と比較してみると、国内年間排出量39,700万トンの内、産業別排出量では、全体の20%を製造業が占め次に建設業19%、農業19%、電気・水道業18%の順となっており全排出量の76%である。

このことは、北海道産業構造の特色を表すものであり、公共関与の高い農業、建設業、電気・水道業からの排出量が圧倒的な割合を占める。これら現状を認識しここでは、道内年間産業別排出量の72%を占める農業、建設業から排出される廃棄物のリサイクルについて考えてみる。

## 2, 道内の農業、建設業から排出される産業廃棄物の種類及び年間排出量

|            |            |
|------------|------------|
| (1) 農業     | (2,288万トン) |
| イ) 家畜のふん尿  | (2,284万トン) |
| ロ) 動物の死体   | (2.5万トン)   |
| ハ) 廃プラスチック | (1.7万トン)   |
| (2) 建設業    | (807万トン)   |
| イ) 廃アスファルト | (342万トン)   |
| ロ) コンクリート塊 | (324万トン)   |

\* 日本資源技術株式会社

〒004-0871 札幌市清田区平岡1条2丁目12-17

☎ 011-888-4333

|              |         |
|--------------|---------|
| ハ) 建設汚泥      | (74万トン) |
| ニ) 混合廃棄物     | (26万トン) |
| ホ) 木くず       | (15万トン) |
| ヘ) ガラス・陶磁器くず | (11万トン) |
| ト) その他       | (15万トン) |

## 3, 道内酪農・畜産業の現状

「家畜のふん尿」では全国で排出される量の約30%が道内で発生するが、全国の酪農・畜産の粗生産額(図1)で比較すると全国の約17%に過ぎない。このことは、同じ「家畜のふん尿」を処理するときの粗生産額に対する費用負担割合では、全国の1.76倍の水準になる。

また、道内酪農・畜産の特色としては、乳用牛の飼育頭数(図2)牛乳の粗生産額(図3)の割合が高いことが把握できる。

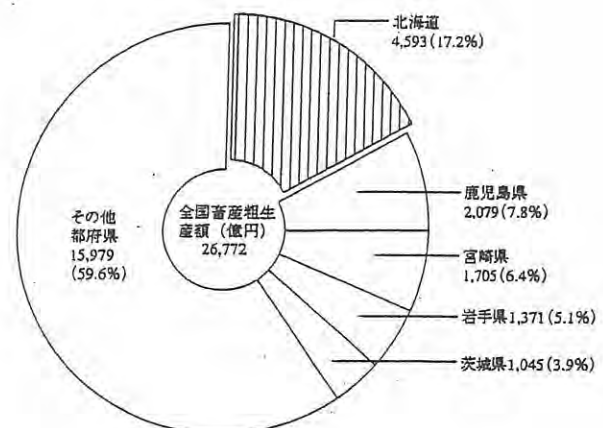


図1 全国の酪農・畜産の粗生産額



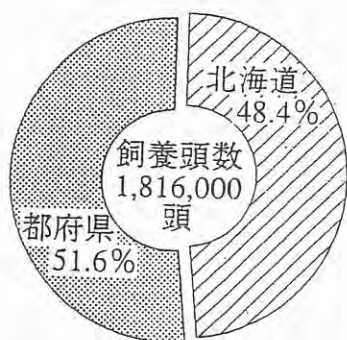


図2 全国の乳用牛飼育頭数

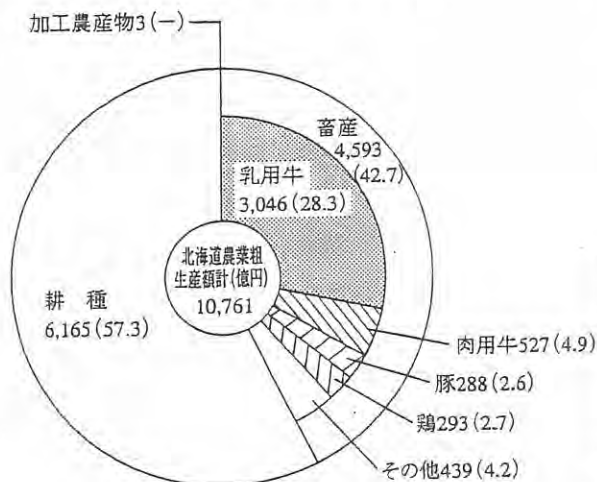


図3 北海道農業粗生産額

道内の乳用牛の飼育頭数(経産牛含む)は約1,373千頭で乳用牛のふん尿量は、20トン/年/頭で全体の飼育頭数での家畜のふん尿量では年間27,460千トンである。また、生乳の粗生産額は、全体で2,663億円となり一頭当たりでは、193,950円となっている。

さらに、きゅう肥生産額(ふん尿の処理+機械損料+労務費)は、約6,265円/年/頭である。ゆえに、廃棄物処理費とたい肥購入経費をふん尿1トン当りに換算すると約313円となる。

#### 4. 道内での農業リサイクルの現状

農業から排出される産業廃棄物の種類では2(1)で示されるとおり3種類と少なく排出場所での分別は容易であり比較的リサイクル

しやすい状態ではある。しかし、その大部分の割合を占める「家畜のふん尿」のリサイクルでは、その殆どが屋外で屋根のないきゅう肥盤をつくり「家畜のふん尿」を堆積させ、たい肥としての成分を未調整のまま牧草地や畑に自然還元と称し「家畜のふん尿」を放出しているのが現状である。

#### 5. 道内での建設業リサイクルの現状

道内、建設業から排出される産業廃棄物の種類及び年間排出量については2,(2)で述べたところであるが、以下リサイクルの実績及び目標値を表1に表す。

| 廃棄物の種類         | H7年度リサイクル率実績値(%) |     | H12年度目標値(%) |      |
|----------------|------------------|-----|-------------|------|
|                | 全 国              | 北海道 | 全 国         | 北海道  |
| 建設廃棄物全体        | 5.8              | 6.0 | 8.0         | 8.0  |
| アスファルト・コンクリート塊 | 8.1              | 9.1 | 9.0         | 10.0 |
| コンクリート塊        | 6.5              | 5.1 | 9.0         | 8.0  |
| 建設汚泥           | 1.4              | 6   | 6.0         | 5.0  |
| 建設混合廃棄物        | 1.1              | 3   | 5.0         | 4.5  |
| 建設発生木材         | 4.0              | 2.2 | 9.0         | 8.5  |
| 建設発生土          | 3.2              | 3.2 | 8.0         | 8.0  |

表1 「建設リサイクル計画'97」

建設リサイクルに関して、全国に比して北海道の優位性が保たれているのは「アスファルト塊」のみである。ここで「アスファルト塊」のリサイクル率が高いのは、1章で述べたが公共事業での再生アスファルトの需要が高いためである。近年では、公共事業での再生路盤材の需要も高く平成10年度の「コンクリート塊」のリサイクル率は70%を越える水準となっている。但し、建設発生木材のリサイクル率の低調を考えると、民間2次加工業者が少ないことや規模が小さいことが推測される。

#### 6. 北海道廃棄物リサイクル産業の課題

##### (1) 農業

産業として捉えた場合のリサイクルでは、廃棄物排出者の処理コスト負担能力を考えるこ

とが重要である。現状での「家畜のふん尿」処理コストは、313円/トンであるので例えば、汚泥の通常の処理コストを10千円/トンで試算すると200千円/年/頭となり生乳の1頭当たりの年間粗生産額を越えてしまうことになる。

現在、家畜ふん尿等を嫌気処理しているシステムが稼動しており、たい肥や液肥を製造し処理コストが10千円/年/頭（搬送費は除く）となっているが、そのたい肥や液肥の成分は十分とは言えず、自然還元に近いものがある。今後は、リサイクル処理コストの低減を図ることは言うまでもないが、リサイクルされた製品が医薬品、化学製品等の高付加価値製品や高収獲有機肥料や高品質有機肥料として商品化出来る様な研究開発体制をを早急に促進することが重要である。

このことによって「家畜のふん尿」におけるリサイクルは産業として成り立つことが可能になる。

## （2）建設業

リサイクルは、量的な需給のバランスと経済的な需給のバランスが域内に於いて必要であり公共が補えない部分を民間が補って初めて需給バランスが調整される。つまり、過度に製造品種が限定された場合、オーバーシュートの危険性がある（図4・5）

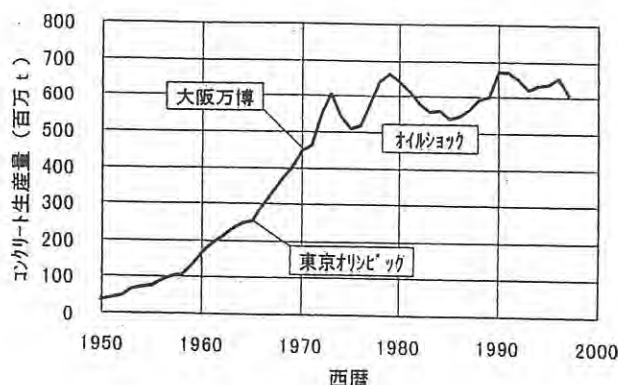


図4 コンクリートの蓄積量

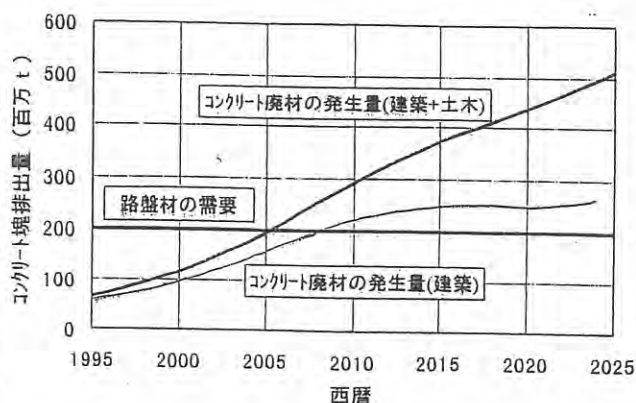


図5 コンクリート廃材の発生予測

2005年以降に、コンクリート廃材の発生量（建築+土木）が路盤材の需要量を上廻る予測から盤材以外への製品供給が必要になる。現在、骨材回収システムとしての技術開発がおこなわれておりB J C認定取得されたシステムとして「加熱すりもみ方式」「堅型偏芯ミル方式」があり商業ベースでのプラントとしての運用が期待される。

また、建設発生木材では、チップ化し製紙原料となる木材に限られる為、各地域にある物産の特色を生かした（炭・家畜の敷糞等）リサイクル製品作りの技術開発と作られた製品の積極的な使用が重要である。

## 参考文献

- 1) 北海道産業廃棄物実態調査研究報告書（平成8年3月、北海道保健環境部）
- 2) 北海道の酪農・畜産データブック'99（北海道農政部酪農畜産課監修）  
P1～2 図1, 2, 3
- 3) 「北海道地方建設リサイクル推進計画」報告書  
P2 表1
- 4) 立屋敷 久志：廃コンクリートからの高品質骨材回収技術、資源素材学会（1999）  
P3 図4, 5

## III-2 現場における廃棄物処理、リサイクルの現状及びアンケートについて

井戸正則<sup>※1</sup>・伊藤俊裕<sup>※2</sup>

### 1. 工事現場における移動式破碎機を用いたコンクリート廃材等のリサイクル処理

#### 1.1 はじめに

建設工事において発生した廃棄物は、これまでほとんどが建設現場外の産業廃棄物処分場もしくは再生処理施設などへ搬出され、処理が行われてきた。しかし、適正な廃棄物処理または再生資源の利用促進の観点から考えればこれらの処理だけでは十分とは言えず、今後は、場外へ廃棄物を搬出せず建設現場内での資源再生利用が重要な処理方法となってくる。

本編は現場内において、最も手軽にリサイクル処理が可能である移動式破碎機を用いたコンクリート等廃材の再生利用について、その実施例を報告するものである。

#### 1.2 実施例1～中割石・コンクリートを飛散防止材に有効利用（港湾仮護岸工解体工事）

##### (1) 工事概要

本工事は、新防波堤完成に伴い不要となった仮護岸工（ $L=100\text{m}$ ）を解体する工事で、この工事で発生する鉄筋コンクリート（ $540\text{m}^3$ ）、無筋コンクリート（ $1,390\text{m}^3$ ）、中割石（ $5,210\text{m}^3$ ）を破碎し、現地ヤードの土砂飛散防止材として再生利用したものである。

##### (2) 施工状況

施工フローを図-1に示した。今回の工事では、護岸工の解体物を大型ブレーカーと圧碎機により小割り（一次破碎）し、それを移動式破碎機によってさらに破碎（二次破碎）し再生材料（覆土材料）とした。破碎システムを図-2に示す。

##### (3) 破碎能力の実績

図-3に移動式破碎機の破碎能力実績を示した。この結果によれば、中割石が約 $20\text{m}^3/\text{h}$ 、鉄筋コンクリート及びコンクリートはあまり差がなく約 $34\text{m}^3/\text{h}$ 程度であった。

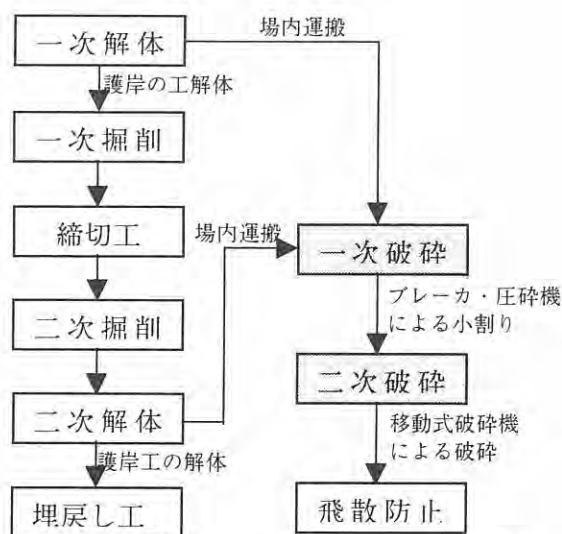


図-1 破碎工の施工フロー

※1 (株)地崎工業土木部工事課係長

※2 (株)地崎工業土木部技術課係長



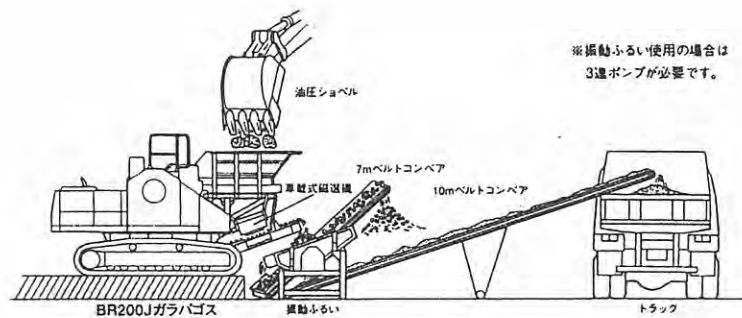


図-2 移動式破碎機のシステム

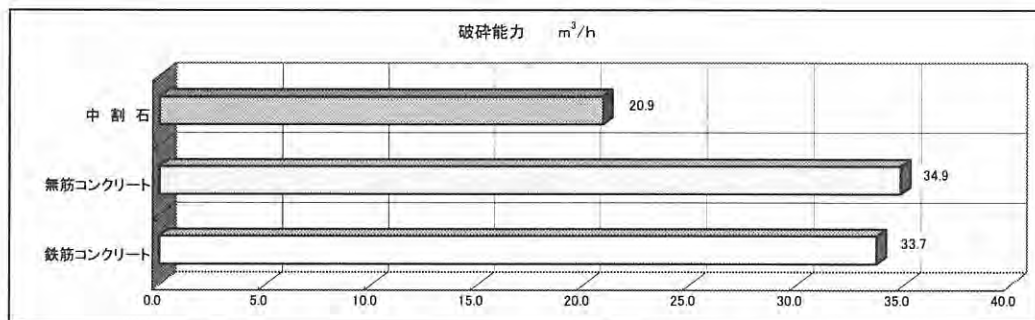


図-3 破碎能力の実績

#### (4) 処理費用の比較

今回実施した場内における再生利用と、場外処分（産業廃棄物処分場での処分＋再生骨材購入）の2ケースについて工事費の比較を行った。結果を表-1に示す。これより場内における再生利用の方が処分費及びトータルコストで有利であることが分かる。

表-1 場内再生利用と場外処分の処理費用比較（場内処理を1とした場合の比）

|        | 処理・処分費用 | トータルコスト | 備考               |
|--------|---------|---------|------------------|
| 場内再生利用 | 1       | 1       |                  |
| 場外処分   | 1.4     | 1.9     | 処分は近隣で想定。飛散防止材購入 |

### 1.3 実施例2～既設U字溝破碎材を埋戻し材料に利用（札幌近郊宅地造成工事）

#### (1) 工事概要

本工事は宅地造成工事において、既設U型排水路上に歩道を新設することから、既設U字溝や横断管等を解体しその解体処理材を埋戻しに利用したものである（図-4）。

#### (2) 施工状況

施工は実施例1と同様、ブレーカーで一次破碎した後、移動式破碎機で二次破碎し再生材料とした。施工システムも実施例1と同様である。

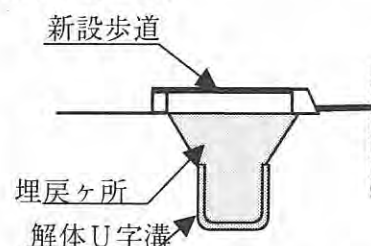


図-4 再生材利用ヶ所

### (3) 処理費用の比較

場内処理による再生利用と、場外処理（産業廃棄物処分場での処分）との処理費用の比較を行った結果を表-2に示す。

この結果より、場内における再生利用の方が処理費用の面で有利であることが分かる。

また、場外処理が場内処理の2.3倍と大きな差が生じているが、これは、U字溝の鉄筋が細いため分別解体できないためである。

表-2 場内処理と場外処理の費用比較  
(場内処理を1とした場合の比)

| 処理方法           | 処分費用 |
|----------------|------|
| 場内における再生利用     | 1    |
| 場外処理（産業廃棄物処分場） | 2.3  |

### 1.4 工法採用の留意点

移動式破砕機での再生利用は、建設副産物の有効利用及びコストの面で非常に優れた工法であるが、実際の工事では、再生材の粒度のコントロールが難しく品質が劣る（今回は飛散防止材料や埋戻し材としての利用のため品質にはあまり制約がない）、騒音が比較的大きい、作業ヤードを必要とするなどの問題もいくつかあることから、総合的な検討が必要である。

## 2. 工事現場における廃棄物処理及びリサイクル処理状況（アンケート結果）

### 2.1 はじめに

当社における平成11年度稼働中の工事現場（22現場）を対象にアンケートを実施した。このアンケートは次の三つの内容について行った。

- ①現場で排出される産業廃棄物の処理について
  - ②現場におけるリサイクル状況について
  - ③産業廃棄物処分・リサイクル処理に関する意見について
- 以下にこれら結果について示す。

### 2.2 現場で排出される産業廃棄物の処理について

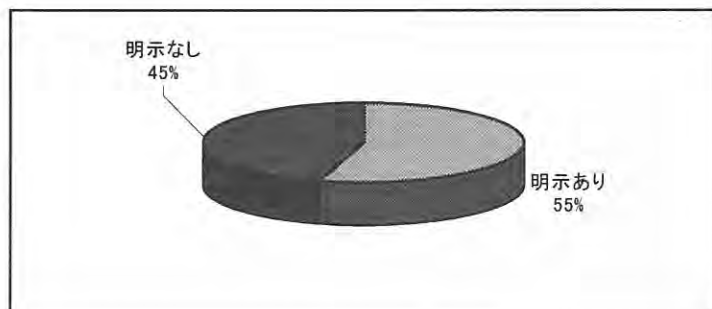
#### (1) 産業廃棄物の種類及び概算数量

調査結果は、平成11年12月時における稼働現場での廃棄物発生概算数量である。工種別に見るとトンネル工事、橋梁工事、護岸工事等、大型工事や既設構造物の取り壊し工事で大半の廃棄物が出されている。

| 廃棄物の種類   | 数量       |
|----------|----------|
| コンクリートガラ | 21,800 t |
| アスファルトガラ | 2,300 t  |
| 鉄筋くず     | 150 t    |
| 木くず      | 210 t    |
| 廃プラスチック  | 110 t    |

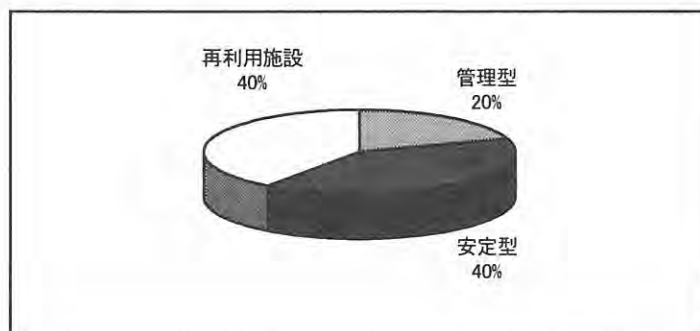
## (2) 設計書・特記仕様書への明示

産業廃棄物の処理については、半数近くの現場で設計書・特記仕様書に明示されていない。明示されている現場においても、廃棄物の種類によっては明示されていないものもある。



## (3) 処分場の種類

処分場の種類については、コンクリートがらが主であることから、安定型処分場、再利用施設で多く処分されている。



## (4) 処分費用

金属くず、木くず、汚泥の処分費用については、全道的に大きなばらつきはないが、コンクリートガラについては道東、道南地方で処理費用が高めとなっておりばらつきが見られる。

| 廃棄物の種類   | 処理費用              |
|----------|-------------------|
| コンクリートガラ | 1,500～3,000 円／t   |
| 金属くず     | 20,000 円／t        |
| 木くず      | 10,000～11,000 円／t |
| 汚泥       | 11,000～12,000 円／t |

## 2.2. 現場におけるリサイクル状況について

### (1) リサイクルの対象種類及び概算数量

リサイクルの処理数量は、産業廃棄物の処理数量と比較して非常に少ない。

アスファルトがらは、他の廃棄物に対して比較的多くリサイクルされており、産廃処理されている量の約 50%のリサイクル率となっている。またコンクリートガラ、アスファルトガラ、

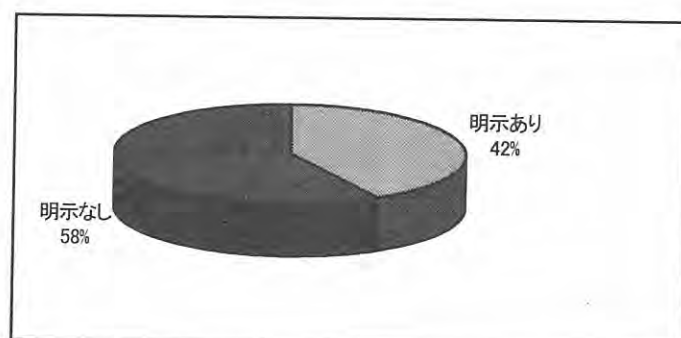
伐根は大型道路土工の盛土の路体材としても多く流用されている。

| 廃棄物の種類   | 数 量                   | 利 用 方 法                        |
|----------|-----------------------|--------------------------------|
| コンクリートがら | 260 t                 | トンネル下層路盤<br>再生碎石<br>路盤材<br>盛土材 |
| アスファルトがら | 1,100 t               | 再生合材<br>盛土材                    |
| 掘削残土     | 107,000m <sup>3</sup> | 盛土材                            |
| 伐根       | 20,000m <sup>3</sup>  | 盛土材                            |
| 木くず      |                       | チップ材                           |
| 汚泥       | 100m <sup>3</sup>     | 盛土材                            |

## (2) 設計書・特記仕様書への明示

リサイクルの設計書・特記仕様書への明示は、産廃処理の明示と比較し少ない。

現場独自でリサイクルを進めるのは、コストの面から難しい状況ではあるが、現場としては積極的に分別回収されている。





## 2.3 産業廃棄物処分・リサイクル処理に関する意見について（調査対象現場より）

|         | 意見・要望                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|
| 発注者に対して | 処分費用を適切に計上して欲しい。                                                           |
|         | 汚泥処理について各発注機関で統一見解を示して欲しい。                                                 |
|         | 再資源化では製品を買うより高い場合が多い。このため適切なリサイクル費用の計上を積算体系に組み入れて欲しい。                      |
|         | 量が少ないと処分費用が設計に計上されていない場合が多い。計上して欲しい。                                       |
|         | 処分費用はいいが、運搬費は重量に対してではなく運搬回数として欲しい。                                         |
|         | 産業廃棄物処理業者（処分場）を指名して欲しい。                                                    |
|         | 多少費用がかかっても埋立よりリサイクル処理への積算に移行して欲しい。                                         |
|         | 分離ができない廃棄物の処分を指定していることがある。（アスファルトとコンクリート）                                  |
|         | リサイクル処分費用が処分場での処分費用より高いため、リサイクル施設に持ち込めない。                                  |
|         |                                                                            |
| 行政に対して  | ゴミ処理システムを早急に確立して欲しい。                                                       |
|         | 梱包材をメーカーが引き取るシステムが必要と考える。                                                  |
|         | 各自治体に管理型の最終処分場を整備して欲しい。                                                    |
|         | 処分場毎に処分単価が異なるため、処分費用の統一化をして欲しい                                             |
|         | 処理方法が統一されていないように思われる。統一する検討が必要と考える。                                        |
|         | 処分場の体制が小さいためマニフェストがスムーズに届かないケースがある。                                        |
|         | 民間工事発注者への適切な産廃処理費計上の指導をお願いしたい。                                             |
| 会社に対して  | 建設副産物の再利用を今後も積極的に推進して欲しい。                                                  |
|         | 大規模工事では（コストの面で）コンクリートガラ等の再資源化は可能であるが、小規模工事では難しい。小規模工事のために会社で設備をもつことができないか。 |
|         | 産業廃棄物処理業者・収集運搬業者に関し、価格・処理方法が分かる一覧が欲しい。                                     |
|         | 今後は分別回収の必要性が高くなり、各現場に専従者が必要と思われる。                                          |

## 第 2 部-Ⅲ-2

## 伐採樹木と発生土のリサイクル

### 1. 建設現場から発生する伐採樹木

造成工事や道路建設などの土木工事は、まず現地樹木の伐開・除根作業から始まる。こうして発生した伐採樹木のうち、良質で用材として利用可能な幹材等を除いた現場利用が困難な根や枝葉などは、これまで野焼きや遊休地への埋立て、または場外搬出などの方法で処分されてきた。しかし近年、自然環境への配慮などから野焼きが禁止となった他、ダイオキシンなど環境基準の規制強化により焼却設備も高価となり、焼却による場内処分は極めて困難な状況を呈している。また、場外搬出についても、原料として受入可能な堆肥施設やパルプ工場が現場近郊にない場合が多い。さらに、平成 11 年 4 月の建設廃棄物処理指針によれば、伐採樹木は建設業に関わる木くず、すなわち産業廃棄物との見解が示されるに至っている。

一方、従来から伐採樹木は「再生資源の促進に関する法律（リサイクル法）」において、指定副産物（建設発生木材）として再使用の促進が強く求められてきたが、平成 11 年 11 月には、森林内において建設工事等に伴い生ずる根株等を現場で自然還元利用、あるいは建設資材として利用する場合、廃棄物として規制しないとの厚生省通達が示された。この通達により、今後は伐採樹木の現場内リサイクルが一段と促進されることが予想される。

### 2. 有効利用の現状

伐採樹木の場内利用は、まず発生量の多い大規模工事現場で試験的に実施され、それ以後様々な場内利用技術の研究開発が行われている。現在では、ゼロエミッションを目指した有効利用を試みる現場も見られ、その多くは扱い易さから粉碎処理（チップ化）して利用する事例が多い（図－1）。以下に主な利用技術を紹介する。

#### 2.1 堆肥化

伐採樹木が広葉樹の場合は、針葉樹に比べ有機分解し易いことから堆肥化に適している。従って、場内で堆肥化に必要な敷地が長期間確保できれば、安価で有効な処理方法である。製造した堆肥は、現場内ののり面や緑地の原料として利用する。

#### 2.2 炭化处理

チップを 300～1000℃で加熱炭化处理する。得られた木質系炭化物は、炭化温度により軽量性・難燃性・吸水性・多孔性・緻密性・硬質など様々な特徴を有するため、これらの特徴を活かして水質浄化材、土壤改良材、建設床下材などとして利用できる。しかしながらこれらの材料を発生現場内で再利用することは困難な場合が多い。

### 2.3 マルチング材

土壌水分の蒸発防止、雑草の生育抑制、霜害防止、土壌改良、クッション材などの効果を目的として行うもので、のり面や道路の緑地帯、パーキングエリアの植栽部分、公園の遊具周り等にチップを 10cm 程度の厚さで敷き均す。これは発生現場内でのリサイクルを可能とする利用方法の一つである。

### 2.4 緑化基材

切土のり面等の緑化を目的として行う吹付工法の基盤材として利用するもので、通常使用しているバーク堆肥等の有機質基材の代替品として粉碎したチップをそのまま、あるいは堆肥化させて使用する。本稿で紹介するネッコチップ工法は、この利用分野であるが従来工法の抱える欠点を改良した新しいリサイクル緑化工法である。

## 3. ネッコチップ工法の概要

ネッコチップ工法は、伐採樹木（根、枝葉など）を針状に粉碎処理したチップに現地発生土と肥料・種子・団粒剤・接合剤・水を適切に混練した生育基盤材料を、新規に開発した高速ベルトコンベア式撒きだし装置により機械的に撒きだしてのり面に付着させて生育基盤を造成するのり面緑化工法である（図-2）。

本工法は、以下のような特徴を有している。

#### ① 現地発生廃材（伐採樹木、現地発生土）をそのままの状態でリサイクル

伐採樹木は粉碎処理して長さ最大 15cm 程度の針状チップとし、これのをり面緑化の肥料としてではなく、生育基盤材料の補強材、土壌構造の改良材や保護材としての目的でリサイクルする（生材で利用）。現地発生土は、チップと団粒剤、接合剤を添加混合して土壌改良することにより、植生に適した生育基盤材料としてリサイクルするとともに、現地発生土の中には多くの微生物が繁殖し、自生の植物種子が混入していることから、長期的には郷土種による周辺植物と調和した緑化復元が期待できる。

#### ② 環境保全と廃棄物処分費の削減に寄与

建設廃棄物の排出を抑えることから、環境保全に貢献するとともに、これらの処分に要していた費用を大幅に削減することができる。

#### ③ 侵食に強く植生に適した生育基盤の造成

針状チップ同士の絡み効果、団粒土壌への改良による排水性・保水性の向上効果、接合剤による接着効果などにより、降雨などによる侵食に強く、植生に適した生育基盤を造成できる。

#### ④ 専用機械による高速施工

ネッコチップ工法専用開発した高速ベルトコンベア式撒きだし装置は、チップ同士の絡み合いにより流動性に乏しい生育基盤材料を均一に効率よくのり面に撒き出し付着させることができる。

#### ⑤ のり面工との一体化施工システムによる工期短縮、施工コストの縮減と汚濁防止

整形が完了したのり面から順次、高速施工を行うため、工期短縮、施工コストの縮減が図れる。また、のり面地山の侵食を早期に防止し、雨天時に裸地のり面からの濁水発生を抑制する。



#### 4. ネッコチップ工法の施工方法

##### 4.1 針状チップ、生育基盤材料の製造

伐採樹木（根・枝葉等）は、通常 4 インチスクリーンを装備した粉碎処理機によって、概ね長さ 15cm 以下、幅 1cm 以下の針状チップに粉碎する。

次に、水を入れた強制練りミキサー内にチップと現地発生土を体積比 1:1 の割合で混合し、これらに種子・肥料・団粒剤・接合剤を加えて混合し、チップ材同士が絡み合い現地発生土が均質に混合している生育基盤材料を製造する（表-1）。なお、主原料であるチップと現地発生土は購入材料と異なり現場ごとで物性にバラツキがあるので、予め試験練りを実施して添加剤の配合を決定する。

##### 4.2 材料運搬とストック

生育基盤材料は、予め 1 日の施工計画に基づいて必要十分量を製造し、施工地点のストックヤードに運搬・仮置きする。運搬にはクローラダンプやダンプトラック、仮置きには鋼製ベッセルなどを使用する。なお、仮置きした材料が残っても、数日程度であればそのまま利用可能である。

##### 4.3 生育基盤の造成

のり面への施工は、通常の掘削作業に使用するバックホウのバケットの代わりに高速ベルトコンベアを搭載した専用アタッチメント（高速ベルトコンベア式撒きだし装置）を用いて、整形が完了したのり面から順次行う（図-3）。バックホウは、ブレーカー配管付きであれば機種を問わず使用できる。動力は、バックホウの油圧動力源だけで賄えるため、制御用の配線と専用アタッチメントを装着するだけで稼働できる。吐出速度約 10m/s で撒きだされた生育基盤材料は、急勾配ののり面でも団粒構造を壊すことなく付着し、侵食に強い安定な生育基盤を造成する。

#### 5. 従来のリサイクル緑化工法との相違点

従来のリサイクル緑化工法の多くは空気圧送方式による吹付け工法を採用している。この方法で施工するには基盤材料を圧送するホースの閉塞を防止するため、チップ材を 5mm 程度に細かくしなければならず、チップ材同士の絡みや補強効果などが期待できず、降雨などにより容易に崩壊してしまう生育基盤となっていた。また、チップ材の小片化は二次破碎を必要とし、チップ化のコストアップ要因となる。さらに、従来の吹付け機では細粒分に富む現地発生土の使用は困難で、特に土壌の団粒化に適した粘性土は全く使用できなかった。

これらに対してネッコチップ工法は、前述したように高速ベルトコンベアにより機械的に撒きだす方法を採用しているため、従来の空気圧送方式ではまったく施工ができなかった大きな針状チップや粘性土を含んだ材料をのり面に効率よく撒きだすことができるので、侵食に強く植生に適した生育基盤を造成できる（表-2）。

## 6. 事例紹介

### 6.1 立命館アジア太平洋大学敷地造成（切土のり面の自然復元を考慮した緑化）

平成 10 年 4 月から 8 月にかけて、大分県別府市の大学敷地造成工事においてネッコチップ工法により厚さ 7cm の生育基盤を造成した（写真-1、写真-2）。施工箇所は、粘性土主体の勾配 1:1.5 の切土のり面（約 30,000m<sup>2</sup>）であり、施工後に植栽を計画しているため、基盤安定が目的のひし形金網を使用できないところである。現地発生土は、当地で大量に発生する黒ボク土を使用した。また、導入植物はバミューダグラス、クリーピングレッドフェスク、レッドトップ、ススキ、メドハギの 5 種類である。

施工直後の 10 月、九州地方では最大降水量 276.5mm、時間最大降水量 57mm とかなりの降雨が観測されたにもかかわらず、生育基盤は顕著な流出もなく安定しており、チップの絡み合いによる補強効果が認められた。また、導入草本植物は施工 2 週間後には発芽し、現在も順調に生育している（写真-3）。

### 6.2 建設省東北地建四十四田ダム（ダム周辺自然公園進入路のり面の緑化）

平成 11 年 10 月末、ダム周辺の環境整備事業で発生した伐根材を粉碎処理したチップの有効利用を目的として、ダム湖畔自然公園内の進入路盛土のり面（勾配 1:2.0）約 1,800m<sup>2</sup> にネッコチップ工法により厚さ 7cm の生育基盤を造成した（写真-4、写真-5）。導入植物は、ヤマハギ、コマツナギ、トールフェスク、メドハギ、オーチャードグラスの 5 種類である。

### 6.3 建設省関東地建湯西川ダム（ダム建設に伴う伐採樹木の有効利用）

ダム本体の建設に先立ち付替県道工事の切土法面（勾配 1:1.0）850 m<sup>2</sup> を厚さ 7cm で施工した。地域の自然復元を目的に導入植物は在来草本、木本を主体とした（写真-6、写真-7）。

## 7. 今後の展開

ネッコチップ工法は伐採樹木や現地発生表土など、工事現場で発生する廃材を場外に排出することなく現地のり面緑化の材料としてリサイクルすることを目的として開発した緑化工法である。ダム湖に定期的に貯留する流木や倒木などのリサイクル緑化として利用すれば、ダム湖周辺の自然環境保護に役立ち、正に一石二鳥の効果がある。

本工法は平成 11 年 3 月に建設省の先端建設技術・審査証明を取得し、同年 7 月には平成 11 年度日本建設機械化協会準会長賞を受賞した。また、特定の業者だけに限定された閉鎖的な技術としないために平成 11 年 4 月にはネッコチップ工法研究会を設立し、広く工法の普及・展開活動に努めている。

—伐採樹木と発生土のリサイクル—

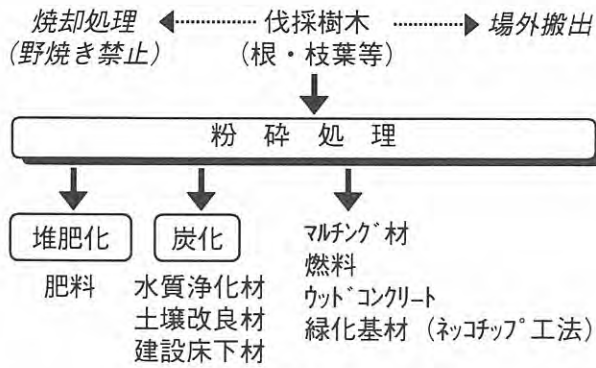


図-1 伐採樹木の利用例

表-1 標準配合例 (材料 1m<sup>3</sup> 当り)

| 材 料    | 配合量    | 備 考                 |
|--------|--------|---------------------|
| チップ    | 500l   | 自然含水状態              |
| 現地発生土  | 500l   | 自然含水状態              |
| 団粒剤    | 3.0l   | ホリアクリプト系            |
| 接合剤    | 4.0l   | ホリ酢酸ビニル系            |
| 肥 料    | 8.0 kg | 化成肥料 50%, 遅効性肥料 50% |
| 種 子    | 別途     | 種子配合計画による           |
| 水 (清水) | 別途     | 現地配合計画による           |

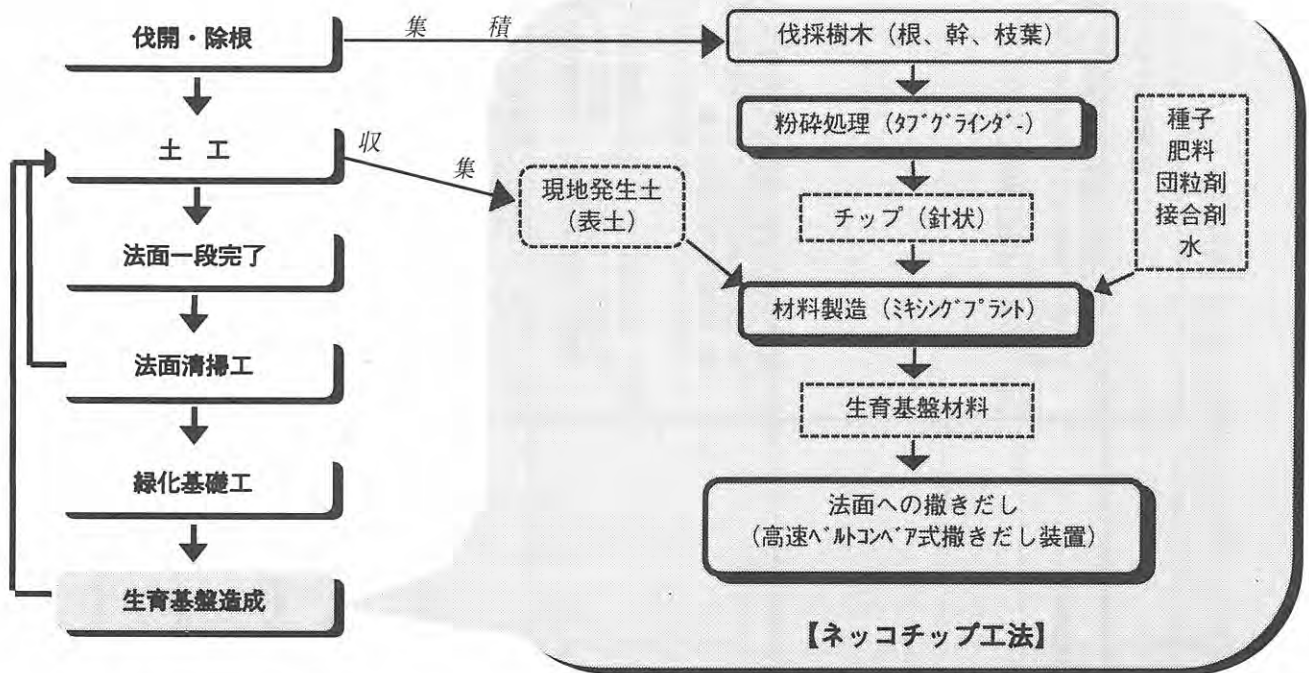


図-2 ネッコチップ工法の実施フロー

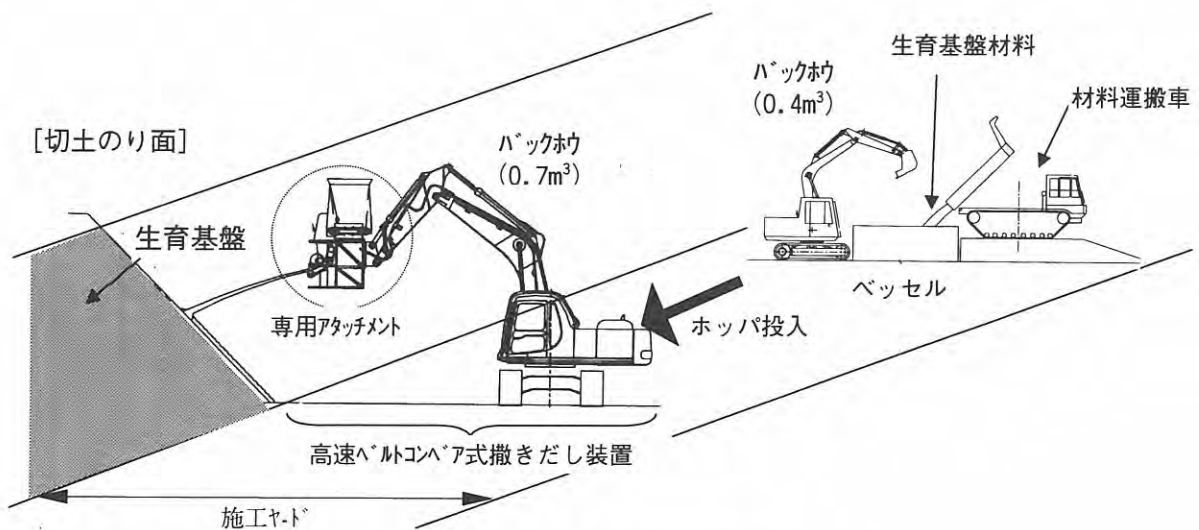


図-3 切土のり面の施工概念

表-2 従来のリサイクル緑化工法との相違点

| 項目   | ネッコチップ工法                                                                                                                                                                  | 従来のリサイクル緑化工法                                                                                                                                                                                                    |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 工法   | ①工法として確立（ネッコチップ工法研究会設立）<br>②建設省技術審査証明取得および建設機械化協会準会長賞受賞                                                                                                                   | ①リサイクルと称する類似工法は出ているが、工法として確立していない<br>・試験施工の域を出ていない工法が多い<br>・実績が少ない<br>①施工実績は試験施工程度と少ない                                                                                                                          |
| 適用範囲 | ①厚層基材吹付工より安価で厚層の基盤の造成が可能<br>・1:0.7まで実績あり、1:0.5は試験施工実施済み<br>・岩盤のり面、急傾斜のり面<br>・無土壌地<br>・その他の緑化困難地<br>②多種多様な植物の導入が可能<br>・草本、木本<br>・郷土種による植生復元<br>・植栽工との併用が可能                 |                                                                                                                                                                                                                 |
| 使用材料 | ①建設廃棄物の発生量を抑制できる<br>・現場で出たものをその現場で再利用<br>・産廃処理費、緑化費用の低減<br>・現地表土利用による地域植生の復元<br>②現場でチップ化してすぐ使用可能（堆肥化不要）<br>・堆肥化のための期間、スペース不要<br>・チップ材を構造物材、補強材として利用                       | ①リサイクル材はその現場から出たものではないケースが多い<br>・他の現場で堆肥化した材料を使用する<br>・他の現場の土壌を使用する<br>・それ以外のリサイクル材であっても他の現場で加工した材料を使用する<br>②チップ材は堆肥化したものを使用するケースが多い<br>・現場内での堆肥化には、堆肥化ヤードの確保、品質管理等の制約が多い<br>・現場外での堆肥化では、材料選別や運搬、包装等コストアップ要因が多い |
| 生育基盤 | ①植生に適した団粒構造土壌<br>②チップ材の補強効果、土壌改良効果が顕著                                                                                                                                     | ①チップ材だけでは植生に問題あり<br>・緑化に適した団粒構造を有していない<br>②生育基盤の耐侵食性や安定性に課題がある<br>・チップ材が細かく、絡み効果や補強効果が期待できない                                                                                                                    |
| 施工性  | ①従来方式に比べ2～3倍の施工能力<br>・バックホウのアタッチメント方式（土工事の作業員と機材で施工が可能）<br>②20cm程度のチップ材や石・レキが混入していても敷きだし可能<br>・現地発生材の有効利用促進<br>③のり面1段毎の施工（ロングブーム仕様では2段施工が可能）<br>・土工事の汎用機械の転用によるコスト削減<br>b | ①従来の空気圧送方式やポンプ式では施工条件に制約が生じる<br>・従来の機械で施工するためにはチップ材の小片化等が必要<br>・施工できても施工能率が低く、能率的な施工ができない<br>②使用する材料の制約が多い<br>・粘土分の多い土や大きな石、レキ混じりの土壌は施工が困難<br>③緑化まで長期間のり面を放置するため、浸食や崩落の発生が見られる                                  |
| 経済性  | → のり面の浸食防止・濁水の発生防止に効果大<br>①廃棄物の処理費、運搬費の節減<br>②緑化費用の低減                                                                                                                     | ①必ずしもその現場で発生する廃棄物のリサイクルに限定できない<br>・現場外の廃棄物を再加工したリサイクル材を使用するケースが多い<br>②使用する材料の下地処理に費用が発生し、コストアップとなる                                                                                                              |
| その他  | ①ゼロエミッションの達成                                                                                                                                                              | ①必ずしもその現場で発生する廃棄物のリサイクルに限定できない<br>・現場外の廃棄物を再加工したリサイクル材を使用する場合、ゼロエミッションとは言い難い                                                                                                                                    |



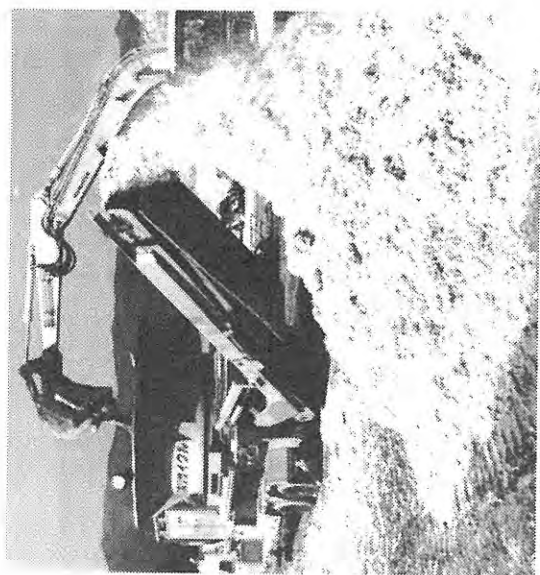


写真-1

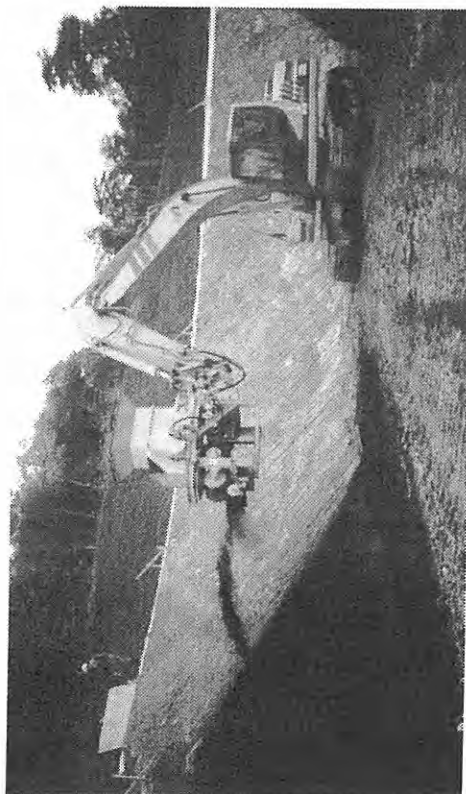


写真-2

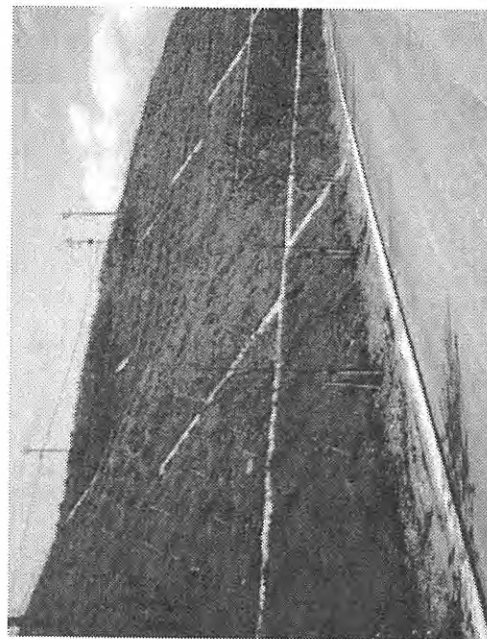


写真-3

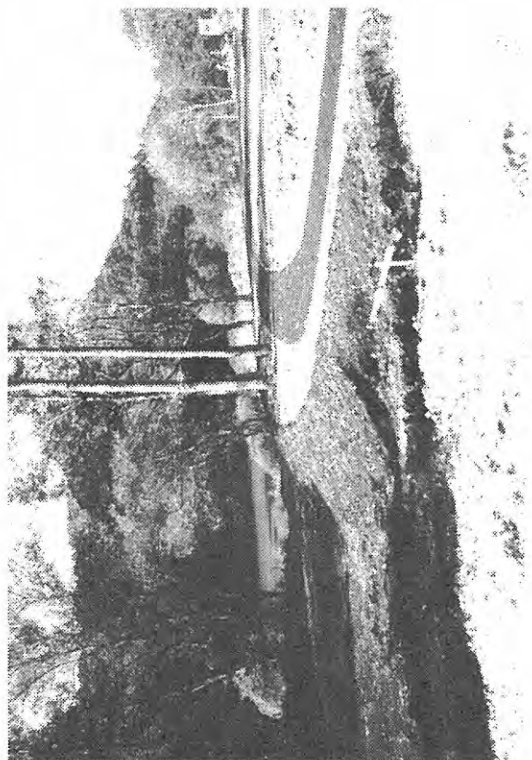


写真-5



写真-7



写真-4



写真-6

## 第 2 部-Ⅳ- 1



—ネッコチップ工法開発の背景—

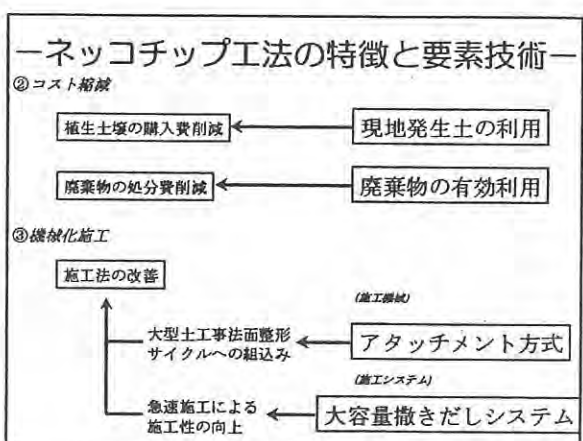
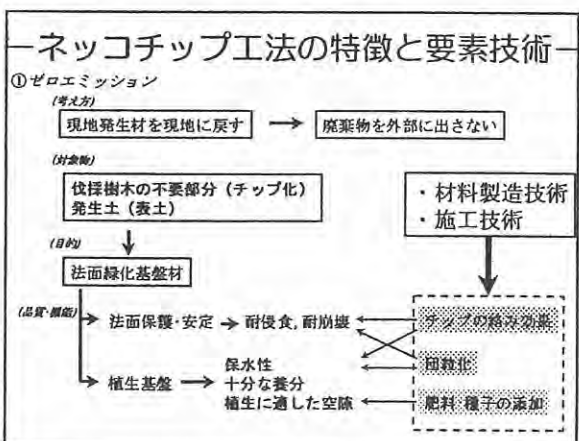
- 伐採材(枝葉・根)の現場処理が困難  
→野焼きの禁止、高価な焼却設備
- 産業廃棄物の運搬・処理費が高い
- リサイクル促進・ゼロエミッション  
→伐採材はリサイクル法の指定副産物(建設発生木材)、厚生省通達
- 周辺自然植生の保護・復元

—工法の特徴—

- 伐採材・現地発生土のリサイクル
- 植生可能な安定した生育基盤
  - ・針状チップ同士の絡み合い
  - ・現地発生土を団粒土壌に改良
- 専用撒きだし装置による大量施工
  - ・法面工との一体化施工
- 伐採材の処分費削減と緑化コストの低減
- 現地発生土の利用による地域植生の復元

—ネッコチップ工法のコンセプト—

- ①ゼロエミッション
- ②コスト縮減
- ③機械化施工





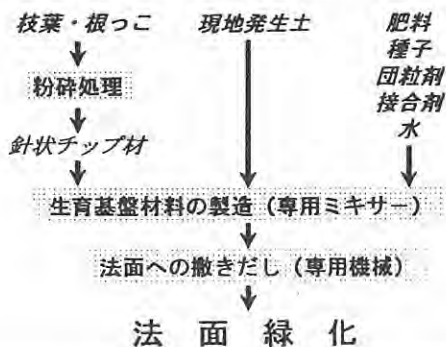
— 施工機械一覧表 —

| 工 程      | 使用機械     | 備 考            |
|----------|----------|----------------|
| チップ材の製造  | チップライナー  | 伐採樹木の針状チップ化    |
| 生育基盤材料製造 | バドミキサー   | 生育基盤材料の製造      |
|          | バックホウ    | 材料の投入          |
| 生育基盤造成   | 給水車・水槽   |                |
|          | バックホウ    | 生育基盤の造成        |
|          | 専用敷きだし装置 | 基盤の造成（バックホウ装着） |
|          | ローザリヤ    | 生育基盤材料の運搬      |
|          | ベッセル     | 生育基盤材料のストック    |

— 標準配合（生育基盤材料 1m<sup>3</sup>当たり） —

| 材 料   | 数 量 | 単 位            | 備 考                 |
|-------|-----|----------------|---------------------|
| チップ材  | 0.5 | m <sup>3</sup> | 長さ 15cm 以下、幅 1cm 以下 |
| 現地発生土 | 0.5 | //             | 表土                  |
| 団粒剤   | 3   | ℓ              | 高分子凝集剤              |
| 接合剤   | 4   | //             | 高分子接着剤              |
| 肥 料   | 6   | kg             | 高度化成肥料／緩効性肥料        |
| 種 子   | —   |                | 現地種子配合計画による         |
| 水     | 650 | ℓ              |                     |

— 施工手順 —

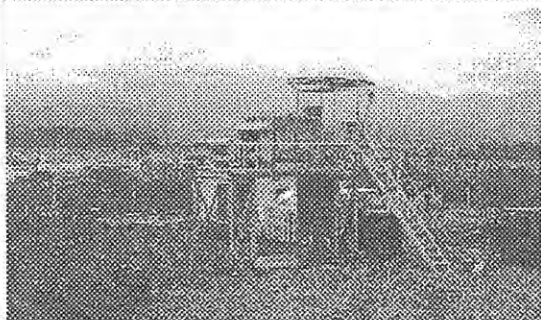


— 針状チップの製造 —



粉碎機械：チップライナー 50-70 m<sup>3</sup>/h

— 生育基盤材料の製造 —



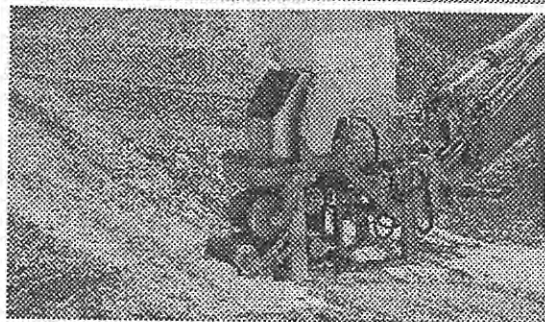
混合機械：強制撹り2軸混合機 製造能力 12m<sup>3</sup>/h

— 施工機械 —



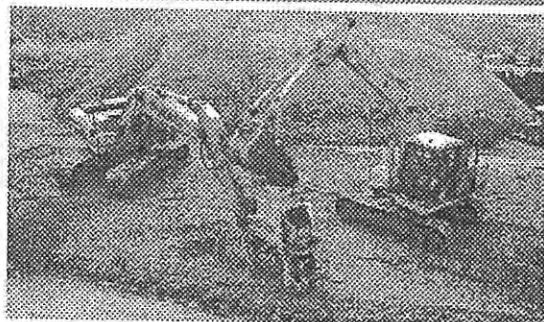
バックホウ(0.7m<sup>3</sup>級)＋高速ベルコン式敷きだし装置

—施工状況—



専用アタッチメント（高速バレーコン式搬送装置）

—施工状況—



仮置きした材料を専用アタッチメントのホッパーに投入

—施工状況—



高速バレーコンの吐出角度を45度回転させた状態で施工  
（作業エリアをあまり占有できない場合）

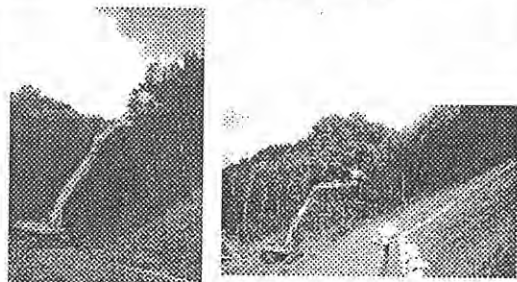
—生育基盤の造成—



盛土

切土

—多段法面の施工例—



ロングアーム型バレーホウ

—試験施工例—



施工直後

施工後7ヶ月

長与区両岸埋立事業  
切土箇所、法面勾配1:2.5、厚み15cm、投入機3台、バレーコン使用

## 第 2 部-IV-2

## IV-2 コンクリートのリサイクル

佐伯昇、志村和紀

### 1. 全国の建設廃棄物の再利用率

戸谷有一(建設副産物の現況と課題、コンクリート工学 Vol.35、1997.7)から全国の建設副産物の再利用率をみると表 4.1 のようになる。

北海道におけるコンクリート塊の再利用率は 51%(平成 7 年度)、全国平均の 65% に比べて低い状態と考えられる。

表 4.1 全国の建設廃棄物の再利用率(平成 7 年度)

(単位: %)

|                    | 北海道                 | 東北                 | 関東                  | 北陸                  | 中部                 | 近畿                 | 中国                 | 四国                 | 九州                 | 沖縄                 | 全国                 |
|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 建設廃棄物全体            | (70)<br>60<br>[13]  | (65)<br>54<br>[29] | (85)<br>69<br>[51]  | (90)<br>69<br>[41]  | (85)<br>74<br>[59] | (80)<br>49<br>[43] | (65)<br>52<br>[23] | (60)<br>43<br>[12] | (60)<br>37<br>[26] | (75)<br>53<br>[29] | (80)<br>58<br>[42] |
| アスファルト・<br>コンクリート塊 | (100)<br>91<br>[44] | (70)<br>75<br>[36] | (100)<br>89<br>[68] | (100)<br>91<br>[30] | (95)<br>91<br>[68] | (95)<br>75<br>[38] | (70)<br>73<br>[27] | (70)<br>56<br>[8]  | (70)<br>59<br>[29] | (80)<br>45<br>[8]  | (90)<br>81<br>[50] |
| コンクリート塊            | (70)<br>51<br>[3]   | (70)<br>54<br>[26] | (100)<br>81<br>[67] | (100)<br>76<br>[45] | (95)<br>82<br>[69] | (95)<br>58<br>[52] | (70)<br>55<br>[22] | (70)<br>49<br>[11] | (70)<br>49<br>[15] | (80)<br>72<br>[48] | (90)<br>65<br>[48] |
| 建設汚泥               | (35)<br>6<br>[4]    | (35)<br>3<br>[9]   | (35)<br>16<br>[21]  | (35)<br>31<br>[24]  | (35)<br>31<br>[23] | (35)<br>8<br>[24]  | (35)<br>13<br>[11] | (35)<br>7<br>[7]   | (35)<br>5<br>[27]  | (40)<br>5<br>[14]  | (35)<br>14<br>[21] |
| 建設混合廃棄物            | (45)<br>3<br>[8]    | (40)<br>4<br>[20]  | (60)<br>28<br>[34]  | (50)<br>3<br>[28]   | (55)<br>8<br>[31]  | (65)<br>6<br>[44]  | (40)<br>5<br>[23]  | (40)<br>1<br>[17]  | (40)<br>4<br>[29]  | (65)<br>16<br>[26] | (50)<br>11<br>[31] |
| 建設発生木材             | (85)<br>22<br>[2]   | (70)<br>33<br>[47] | (100)<br>49<br>[75] | (100)<br>29<br>[85] | (95)<br>58<br>[81] | (80)<br>44<br>[62] | (75)<br>30<br>[48] | (80)<br>23<br>[43] | (70)<br>23<br>[54] | (80)<br>6<br>[27]  | (90)<br>40<br>[56] |
| 建設発生土              | (80)<br>32<br>[20]  | (60)<br>23<br>[40] | (65)<br>38<br>[40]  | (60)<br>30<br>[21]  | (80)<br>29<br>[36] | (70)<br>37<br>[30] | (70)<br>37<br>[44] | (65)<br>34<br>[40] | (65)<br>27<br>[33] | (80)<br>50<br>[44] | (70)<br>32<br>[36] |

- 注 1) 1 段目の ( ) 内は、リサイクルプラン 21 における平成 12 年度の目標値。  
 2 段目は平成 7 年度。  
 3 段目の [ ] 内は、平成 2 年度の値。  
 2) 建設汚泥、建設混合廃棄物は減量化を含む率。  
 建設発生木材はリサイクル施設への搬出率。  
 建設発生土は公共系工事での建設発生土の利用率。



## 2.コンクリート塊破砕物の利用用途

漁礁、舗装、基礎、盛土、埋戻し材、路盤材、骨材、混和材料などに用いられている。  
表 4.2 に示す。

表 4.2 コンクリート塊破砕物の利用用途

| 利用時の形態    | 利用用途例          | 参考となる既存の規格材料例                                                                                          |         | コンクリート塊の再利用のために提案された要綱・指針類                                                                                          | その他、参考となる要綱・指針類                                                              |
|-----------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 切 断 部 材   | 漁礁・擁壁材         | JIS A 5338<br>鉄筋コンクリート L 型擁壁                                                                           |         | 建設省建設経済局：建設副産物適正処理推進要綱の解説(1993)                                                                                     |                                                                              |
| 切断ブロック    | 舗装・法面・仕切り材     | JIS A 5304<br>舗装用コンクリート平板<br>JIS A 5307<br>コンクリート境界ブロック<br>JIS A 5323<br>コンクリート積みブロック<br>JIS A 5003 石材 |         |                                                                                                                     |                                                                              |
| 大 割 り 塊   | 基礎・床固め材        | JIS A 5006 割りぐり石                                                                                       |         |                                                                                                                     |                                                                              |
| 粒 状 破 砕 物 | 盛土・埋立材         | 特になし                                                                                                   |         |                                                                                                                     |                                                                              |
|           | 埋戻し・裏込め・基礎材    | JIS A 5001<br>道路用砕石                                                                                    | クラッシャラン | 建設省土木研究所：<br>コンクリート副産物の再利用に関する用途別暫定品質基準(1994)                                                                       | 建設省：建設発生土利用技術マニュアル (1994)                                                    |
|           | 舗装の路盤材         |                                                                                                        | 粒度調整砕石  |                                                                                                                     | 日本道路協会：道路土工要綱 (1992)                                                         |
|           |                |                                                                                                        |         |                                                                                                                     | 日本道路協会：プラント再生舗装技術指針 (1992)                                                   |
| 粒 状 破 砕 物 | コンクリート用骨材      | JIS A 5005<br>コンクリート用砕石及び砕砂<br>JIS A 5308<br>レディーミクストコンクリート                                            |         | 建築業協会：再生骨材および再生コンクリート使用基準 (1978)<br>建設省建築研究所：再生粗骨材の品質基準(案)、再生粗骨材を用いるコンクリートの使用基準(案)、空洞コンクリートブロック用再生骨材の品質基準(案) (1986) | 土木学会：コンクリート標準示方書施工編 (1996)<br>日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 5 JASS 5 鉄筋コンクリート工事(1994) |
| 微粉状破砕物    | コンクリート用混和材料    | JIS A 6201<br>フライアッシュ                                                                                  |         | 特になし                                                                                                                |                                                                              |
|           | セメント製造用混合材     | JIS R 5210<br>ポルトランドセメント<br>JIS R 5211 高炉セメント<br>JIS R 5212 シリカセメント                                    |         |                                                                                                                     |                                                                              |
|           | アスファルト混合物用フィラー | JIS A 5008 舗装用石灰石粉                                                                                     |         |                                                                                                                     | 日本道路協会：アスファルト舗装要綱 (1992)                                                     |
|           | 地盤・路床・路盤改良材    | JIS R 9001 工業用石灰                                                                                       |         |                                                                                                                     |                                                                              |

出典：「廃棄物ハンドブック」平成 8 年 5 月 25 日、廃棄物学会

### 3.エコセメント

#### (1)エコセメント<sup>リ</sup>の製造、性質

エコセメント：都市部で発生する廃棄物のうち主たる廃棄物である都市ごみを焼却した際に発生する灰を主とし、必要に応じて下水汚泥などの廃棄物を従としてセメントクリンカーの主原料として用い、製品1トンにつき少なくともこれらの廃棄物を0.5トン程度使用してつくられるセメント。エコセメントは、その特徴によって普通セメント、速硬形エコセメントの2種類に大別される。エコセメントクリンカーは、約1300℃以上で焼成して製造されることから、原料として用いられる廃棄物に含まれるダイオキシンなどの有機有害物は、完全に分解されている。また、無機有害物として含まれる重金属の大部分は、主として塩化物として揮散され、エコセメントのクリンカーから排除・回収される。したがって、このセメントの環境への安全性は高い。エコセメントの名称は、エコロジーのエコとセメントとを併せて名づけたもので、環境と調和した、廃棄物を資源に利用したセメントである。

普通形エコセメント：セメントの製造過程で脱塩素化させ、塩化物イオン量をセメント質量の0.1%以下としたもので、普通ポルトランドセメントに類似する性質をもち、無筋コンクリート及び一般の鉄筋コンクリートの分野に使用できるもの。

速硬エコセメント：塩化物イオン量は、セメント質量の0.5～1.5%と多いが、塩素成分をクリンカー鉱物として固定化した速硬性をもつセメントで、用途は無筋コンクリートの分野に限定されるもの。

<sup>リ</sup>これは標準情報案より抜粋したものである。この標準情報(TR)は、都市部で発生する廃棄物をセメントクリンカーの主原料に用いて製造される資源リサイクル形セメントの一種であるエコセメントについて規定するものである。かかるエコセメントの品質規格の早期公開を目的に、標準情報として制定するものである。

## コンクリート塊をめぐる問題点と対策

### コンクリート塊の増大

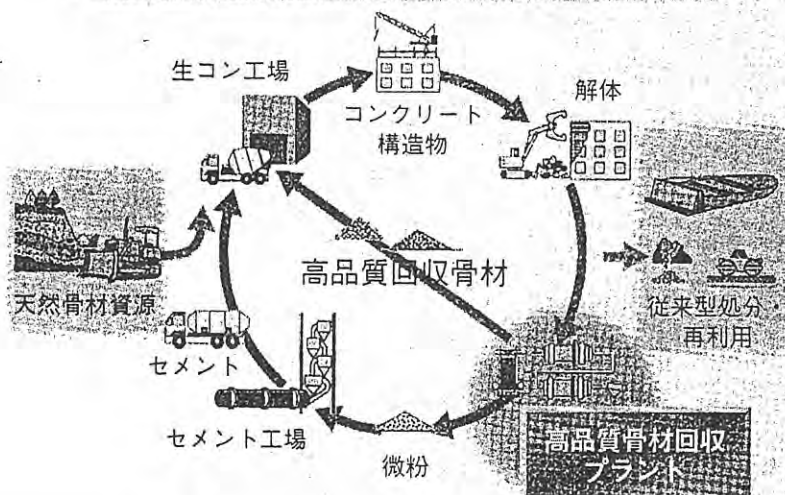
- ・ 最終処分場の逼迫
- ・ 路盤材等に限定された再利用

### 良質な天然骨材資源の枯渇

(例)三菱マテリアル K.K

## 資源循環型コンクリート再利用システムの構築が急務

### 資源循環型コンクリート再利用システム



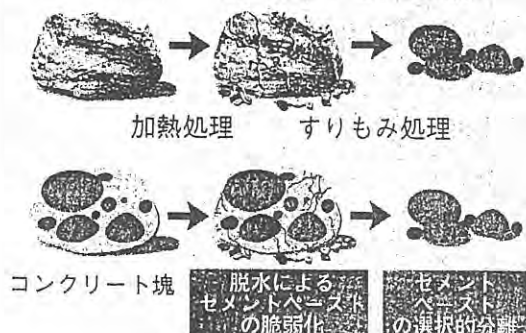
### 〈当システムの特長〉

1. 最終処分量の低減および天然骨材確保により、環境負荷を低減します。
2. 高品質回収骨材は用途制限がなく、普通骨材と同様に生コンに使用可能です。
3. 高品質骨材回収時に発生した微粉はセメント原料として再利用できます。

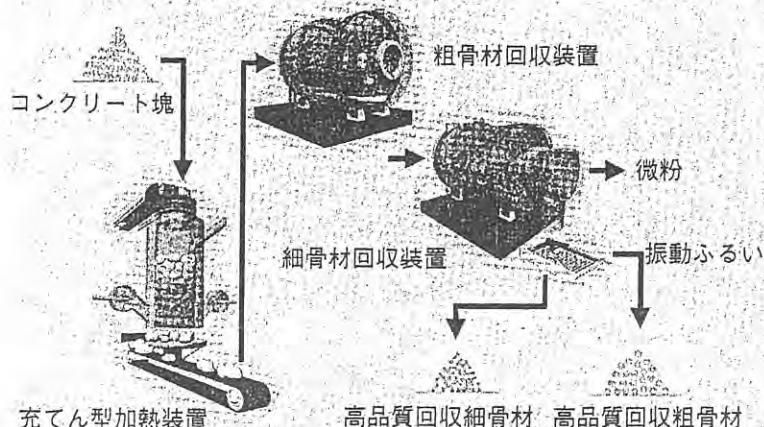
## 「加熱すりもみ法」による高品質骨材回収技術

当技術により天然骨材と同等品質 (JASS 5 規格を満足) の粗骨材及び細骨材が回収できます。

### 「加熱すりもみ」のメカニズム



### 高品質骨材回収プラント



## (2) エコセメント(太平洋セメント)の製造システム(例)

### ■エコセメント製造システムの流れ

#### <エコセメント1トンに対する原料(一例)>

焼却灰:0.5トン(都市ゴミ5.5トンから発生)  
下水汚泥:0.3トン(脱水ケーキ)  
天然補填原料(石灰石等):0.3トン

上記の原料を粉砕、焼成工程を経て、クリンカーを製造。これに石膏を加えて、エコセメントができあがります。

\*飛灰も、焼却灰と一緒に処理できます。

\*都市ゴミ焼却灰の成分の変動には、天然原料等を補填することにより、所定品質のエコセメントを安定的に生産できます。

#### ■焼成温度が普通セメントよりも低いため、

【省エネルギー】が図れます。

一般セメント:1,450℃程度

エコセメント:1,350℃前後

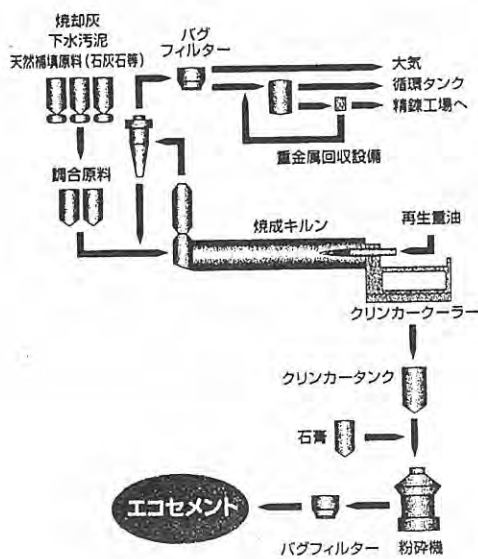
#### ■カルシウム源を焼却灰の中から供給するため、

【CO<sub>2</sub>の削減】に寄与します。

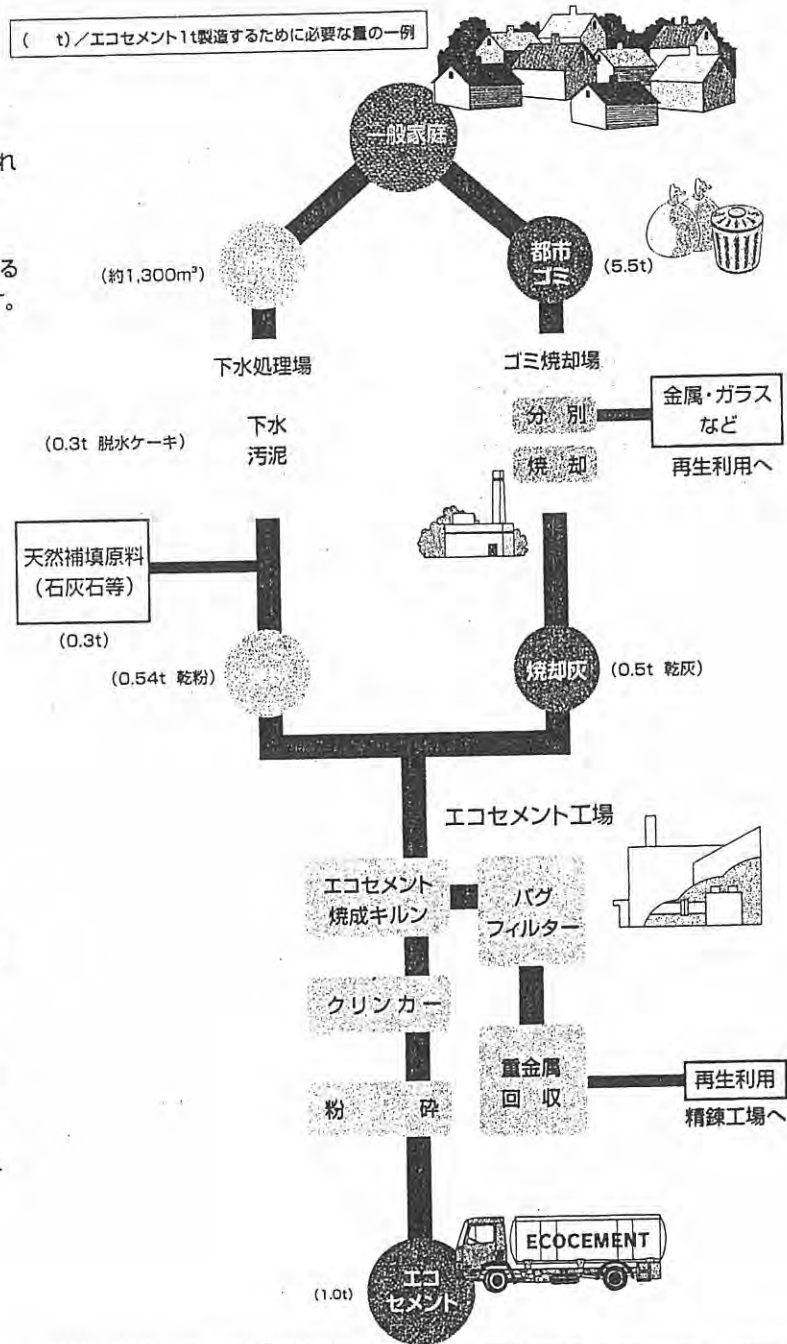
一般セメント:石灰石(CaCO<sub>3</sub>)

エコセメント:焼却灰中のCaO

### 製造システムフロー



### セメント構成物質





## 6. 制御型低強度材料 (CLSM: Controlled Low-Strength Materials)

### 6-1 CLSM とは

CLSM (Controlled Low-Strength Materials) は、近年米国で注目されている制御型低強度材料であり、ACI 委員会では『材齢 28 日の圧縮強度が  $8.3\text{N/mm}^2$  以下になるように制御されたセメント系スラリー材料』と定義されている。この材料の最大の特徴は、再生資源を有効かつ経済的に活用できる点と、圧縮強度の最小値ではなく最大値が制限されている点にある。つまり、後者の特徴は所要の強度以上の性能を有し、かつ長期的には一定強度以下（一般に  $8.3\text{N/mm}^2$  以下）に制御された材料をさす。

また、前者の特徴を理解するためには、制御型低強度材料が、低強度コンクリートの一種ではないことを認識しておく必要がある。この材料は、締固めをする裏込め材の代わりに考案された、締固め不要の裏込め材であり、特別な場合を除きコンクリートに必要な凍結融抵抗性や耐磨耗性や化学抵抗性などの性質は有していない。つまり、コンクリートとしての性質は満足していかなくとも現場での所要の性質を満足すれば、規格外の材料でも積極的に使うことのできるものである。すなわち、リサイクル材料を特に手をかけて高品質なコンクリート材料にする必要がなく、そのまま使えるため、規格外のフライアッシュをはじめボトムアッシュ、鋳物砂、FRP 廃材やガラス廃材などのコンクリート用材料としての規格・規定がない材料をそのまま使うことができ、大幅なコストの軽減が可能となる。しかしながら、資源の有効利用のために行っている環境負荷低減行為が逆に大きな負荷となる場合もあり、結果的にはコスト高になる場合もある。制御型低強度材料を用途に合った分野に合理的に・積極的に適用することで、これまでにない新しい用途での大幅なコストの削減や環境負荷の低減が可能となる。現在のところ、国内において類似した材料の規定として「流動化処理土利用マニュアル」が近年まとめられ、建設発生土の有効利用が図られている。

### 6-2 CLSM の特徴

#### 6-2-1 CLSM の品質

CLSM の圧縮強度が一般に  $8.3\text{N/mm}^2$  以下と規定された経緯としては、1970 年代初頭に米国で開発された制御型低強度材料の原型となる K-Krete と呼ばれる材料の技術が供与され、その結果、流動性充填材、流動モルタル、ソイルセメントスラリーなど、類似材料が市場に出回り、市場に誤解と混乱を招いたことから ACI 委員会によって品質規定を統一されたという経過がある。

一般的な制御型低強度材料は、スラリー状にしたフライアッシュに少量のポルトランドセメントと砂を加えたものであり、これらは通常生コンプラントでの



# 研究の目的と背景

リサイクル法の制定以降

- ・ 資源の有効利用の促進化
- ・ 産業廃棄物に対する規制の拡大



- ・ わが国の石炭灰の発生量は、2000 年には 1000 万トン
- ・ 道内における石炭灰の有効利用率 62%

- ・ 鋳物工場の廃砂は、産業廃棄物
- ・ 道内の年間廃砂排出量は約 2500 万トン



規格外の石炭灰の多くは  
埋め立て処理

産業廃棄物として最終処分  
年間処理費用は 1650 万円



資源の有効利用が可能で、  
高品質性をあまり必要としない

**低強度制御型材料への適用**

(裏込め材、埋め戻し材、間隙充填材、路盤材)



本研究では、石炭灰と鋳物砂を用い

**再掘削可能な、埋め戻し材(28 日強度  $0.5 \sim 1.0 \text{ N/mm}^2$ )**

としての利用の可能性を検討する。

厳密な品質管理下で製造される。しかしながら、対象となる工事における耐久性や環境に及ぼす影響などを考慮した後、目的に合った品質が得られるのであれば、規格外のさまざまな材料を使用することは可能である。つまり、コンクリートの性質を満足していなくても、現場での所要の性質を満足すれば適用可能であるので、高品質なコンクリート材料にする必要がない。

また、CLSMの圧縮強度は、一般に  $8.3\text{N/mm}^2$  以下されているが、将来、再掘削が予想される場合は、長期圧縮強度を  $2.0\text{N/mm}^2$  以下（手動掘削の場合  $0.3\text{N/mm}^2$  以下、機械掘削の場合  $0.7\sim 1.4\text{N/mm}^2$ ）に管理したり、他の材料と接触する掘削面での適合性や硬化時間などについて配慮する必要がある。CLSMに適用が考えられる規格外の材料としては、フライアッシュをはじめ、砂、火山灰、鑄物砂、クリンカアッシュ、鋼鉄スラグ、廃ガラスなどが考えられるが、これらの材料についても十分な知識が必要である。

## 6 -2-2 CLSMの利点

### 1. 出来合いの利用

現場で使用する材料を使い、プラントで製造したものを供給できるので、広く要求に応えることができる。

### 2. 運搬の容易さ

ミキサー車により、必要なときはいつでも、一定の質で材料を運搬することができる。

### 3. 打込みの容易さ

締固め不要で、自己充填性のあるCLSMは、現場の立地や使われ方により、シュート、コンベアー、ポンプ、バケットなどを用い、作業効率の向上を可能とする。

### 4. 用途の多様性

CLSMは、流動性や強度を調整することができる。また、混和剤で硬化時間の短縮、気泡剤で軽量化や断熱性を向上させることもでき、それぞれに合った様々な用途が考えられる。

### 5. 頑丈で高い耐久力

CLSMの支持力は、締固め土や砂質土よりも高く、透水性はそれよりも低い。そのため、浸食作用に優れた抵抗性を示す。

### 6. 掘削可能

圧縮強度  $0.3\text{N/mm}^2$  から  $0.7\text{N/mm}^2$  のCLSMは、掘削機械で掘削が可能であり、裏込め材としても強度も十分に持っている。

### 7. 交通解放の早さ

打込みが早く、数時間で路盤を支えることができるので、舗装修理の時間

を最小限に抑え、交通の早期解放が可能である。

8. 沈下量の少なさ

埋め戻しや打ち込みの際に、空隙を作らないので、沈下、わだち、掘れなどをおこさず、舗装を敷設する場合などに有利である。

9. 掘削コストの低減

CLSMは締固め不要のため、締固め機械を用立てるための掘削幅を確保する必要がない。

10. 作業の安全性

打ち込みなどの作業の際に、掘削域に入って作業する必要がなくなり、安全な施工ができる。

11. 全天候型施工が可能

掘削域に雨や雪解け水が残っていてもポンプで排水する必要はなく、低温時も、材料を暖めて施工することができる。

12. 施工機械の削減

粘性土や砂質土の際使うような、充填機、圧延機、締め固め機が不要である。

13. 材料保管場所が不要

ミキサー車で必要な量だけ運搬するため、材料の保管や、余剰土の運搬の必要がない。

14. 資源の有効活用

フライアッシュや、他の産業副産物を、CLSMに混入し、資源の有効利用をはかれる。

### 6-3 CLSMの適用法

CLSMは、よく建設用埋め戻し土や、裏込め土として、圧密土の代わりに使われる。CLSMは、圧密の必要がなく、流動性もよいため、隙間のないところや、圧密や打ち込みの難しい制限されたところに使用することが理想的である。仮に、将来再掘削を必要とするのなら、長期最大強度は、 $2.0\text{N/mm}^2$ を超えない程度が望ましい。一般的に次のような適用例がある。

- ・ 裏込め材
- ・ 構造充填材
- ・ 路盤材
- ・ 埋め戻し材
- ・ 配管設置
- ・ 間隙充填

## 7. 石炭灰の普通コンクリート及び低強度制御型コンクリートへの有効利用法

Utilization of coal ash to normal concrete and controlled low strength concrete

北海道大学大学院工学研究科 環境構造材料工学講座 高性能コンクリート工学分野 木村 和博

Key Words: coal ash, controlled low strength materials, compressive strength, freezing and thawing, frost heaving

### 1. はじめに

近年、リサイクル技術の確立は、建設分野だけでなく、地球規模で、環境の視野に立って考えてゆく必要のある課題となっている。コンクリートの分野では、リサイクル技術として、産業副産物などのリサイクル利用が研究され、従来から、フライアッシュに代表されるようなセメントの混和材としての利用が積極的に実施されてきた。

北海道では、産業副産物の代表例として、火力発電所から発生する石炭灰があげられる。北海道での平成9年度の石炭灰発生量は、約60万tにおよび、その有効利用率は60%にとどまっている。残ったものは埋め立て処分されており、将来的に埋立地の確保が困難となることが予想されている。

そこで本研究では、産業副産物として有効利用率の低い石炭灰を有効利用するために、2つの検討を行った。

1つ目は、良質な河川産の細骨材が枯渇してきているという問題より、石炭灰を細骨材として普通コンクリートに有効利用し、その性状について検討を行った。

2つ目は、リサイクル材料が持つ低品質性の問題により、従来のコンクリートに用いたとき、コンクリートの品質を上げるためにコストが高くなり、経済的ではなかった。そこで、リサイクル材料を低品質のままでも使用しても問題のない低強度制御材料(CLSM: controlled low strength materials)へ有効利用し、その性状について検討を行った。

### 2. 石炭灰の普通コンクリートへの適用

#### (1) 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント(比重3.16、比表面積3180 cm<sup>2</sup>/g)を用いた。粗骨材には北海道静内川産砂利(比重2.75、吸水率1.35%、最大骨材寸法25 mm)を用いた。細骨材には北海道勇払産海砂(比重2.69、吸水率1.45%、粗粒率2.87)、表1、2に示すように成分の違うクリンカアッシュを4種類(CA-A、CA-B、CA-C、CA-D)、また、成分の違うフライアッシュを3種類(FA-A、FA-B、FA-C)用いた。

混和剤にAE剤(特殊非イオン界面活性剤)、高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系化合物)を使用した。

表1 クリンカアッシュの主な品質と化学成分

| 種類   | 比重   | 吸水率(%) | 粗粒率  | 主な化学成分           |                                |                                |      |
|------|------|--------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
|      |      |        |      | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  |
| CA-A | 1.90 | 7.5    | -    | 51.7%            | 28.9%                          | 4.8%                           | 4.3% |
| CA-B | 2.10 | 6.8    | 3.54 | 57.6%            | 20.0%                          | 9.8%                           | 2.3% |
| CA-C | 1.72 | 30.1   | 2.82 | 67.1%            | 20.0%                          | 7.5%                           | 0.6% |
| CA-D | 1.88 | 14.6   | 3.44 | -                | -                              | -                              | -    |

表2 フライアッシュの主な品質と化学成分

| 種類   | 比重   | ブレン比表面積(cm <sup>2</sup> /g) | 強熱減量(%) | 主な化学成分           |                                |                                |      |
|------|------|-----------------------------|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
|      |      |                             |         | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  |
| FA-A | 2.36 | 2940                        | 1.1     | 46.0%            | 30.5%                          | 7.4%                           | 5.0% |
| FA-B | 2.18 | -                           | 12.1    | 39.2%            | 29.8%                          | 5.0%                           | 6.2% |
| FA-C | 2.12 | 4190                        | 14.3    | 48.5%            | 19.1%                          | 4.6%                           | 5.6% |

#### (2) 配合

表3は、本研究で用いたコンクリートの配合をまとめたものである。石炭灰を混入しない基本となるコンクリートの配合をW/C=50%、単位水量160、細骨材率42%とした。それに対して、クリンカアッシュを細骨材として代替利用したコンクリートの配合は、W/C、単位水量、細骨材率を一定とした。また、クリンカアッシュの代替率は、既往の研究によると、100%代替すると強度の低下が著しく、50%程度の代替率ではある程度強度の低下が抑えられているという結果が得られており、本研究では代替率を30%、40%、50%と設定し、代替率による強度のピークを検討した。クリンカアッシュとフライアッシュを細骨材として代替利用したコンクリートの配合は、それぞれ50%ずつ代替したものである。

目標スランプを80±20mm、目標空気量5±1%を得るため、配合によって、AE剤量、高性能AE減水剤量を調整した。

#### (3) 練混ぜ方法

2軸強制型ミキサを使用した。はじめに骨材を投入し、30秒間混合し、次にセメントと、混和剤を含む水を加えて、2分間練混ぜを行ったのち排出する方法とした。そして、練上げ後直ちに供試体を作製した。



表3 普通コンクリートの配合表

| 配合ケース       | CA代替率<br>(%) | FA代替率<br>(%) | W/C<br>(%) | b/a<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |     |      |
|-------------|--------------|--------------|------------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
|             |              |              |            |            | C                       | W   | S   | CA  | FA  | G    |
| PL50        | 0            | 0            | 50         | 42         | 320                     | 160 | 781 | 0   | 0   | 1107 |
| CA30D       | 30           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 547 | 163 | 0   | 1107 |
| CA40D       | 40           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 469 | 218 | 0   | 1107 |
| CA50D       | 50           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 391 | 272 | 0   | 1107 |
| CA50D+FA50A | 50           | 50           | 60         |            |                         | 192 | 0   | 259 | 326 | 1055 |
| CA50D+FA50B | 50           | 50           | 60         |            |                         | 192 | 0   | 259 | 301 | 1055 |
| CA30C       | 30           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 548 | 149 | 0   | 1107 |
| CA40C       | 40           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 469 | 199 | 0   | 1107 |
| CA50C       | 50           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 391 | 249 | 0   | 1107 |
| CA50C+FA50A | 50           | 50           | 60         |            |                         | 192 | 0   | 237 | 326 | 1055 |
| CA50C+FA50C | 50           | 50           | 60         |            |                         | 192 | 0   | 237 | 331 | 1055 |
| CA30B       | 30           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 547 | 182 | 0   | 1107 |
| CA40B       | 40           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 469 | 243 | 0   | 1107 |
| CA50B       | 50           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 391 | 304 | 0   | 1107 |
| CA50B+FA50A | 50           | 50           | 60         |            |                         | 192 | 0   | 290 | 326 | 1055 |
| CA50A       | 50           | 0            | 50         |            |                         | 160 | 391 | 275 | 0   | 1107 |

b: S+CA+FA

#### (4) 試験方法

##### a) 圧縮強度試験および曲げ強度試験

圧縮強度試験用の供試体はφ100×200mm 円柱供試体であり、曲げ強度試験には100×100×400mmの角柱供試体を用いた。供試体は同配合で3本作成し、28日間の水中養生(20±2℃)の後、圧縮強度試験は、“JIS A 1108”、曲げ強度試験は、“JIS A 1106”の試験方法に準じて実施した。

##### b) 凍結融解試験

凍結融解試験には、100×100×400mmの角柱供試体を用いた。供試体は同配合で3本作成し、14日間の水中養生(20±2℃)の後、“JSCE-G 501”に準じて試験を行い、質量及びたわみ振動の一次共鳴振動数を測定した。

#### (5) 試験結果及び考察

##### a) 圧縮強度の比較

図1は、圧縮強度を比較したグラフである。クリンカアッシュD種、C種を代替利用した配合を見ると、クリンカアッシュの代替率が30、40、50%となるに従い、圧縮強度が増加している。また、クリンカアッシュを代替していないプレーンコンクリートに比べると、圧縮強度は低くなる傾向にある。一方、クリンカアッシュB種を用いた場合においては、代替率が30、40%の方が、50%に比べて圧縮強度が高く、また、そのすべてがプレーンコンクリートより高い強度が得られた。クリンカアッシュA種においてもプレーンコンクリートより高い強度が得られた。

これらの結果より、代替するクリンカアッシュの種類により、適切な代替率が違うものの、およそ40～50%あたりの代替率の場合、最大強度が得られると考えられる。また、クリンカアッシュの品質により、圧縮強度がかなりの影響を受けることが判明した。圧縮強度が低下する原因は、破壊形態の違いに

よるところが大きいと考えられる。比較的高い強度のコンクリートの場合は、コンクリートの強度は骨材に依存する。従って、マトリックスの強度に比較してクリンカアッシュ自体の強度が低いため、コンクリートの強度の低下がみられると考えられる。一方、比較的低い強度のコンクリートの場合は、マトリックスの強度と骨材としてのクリンカアッシュの強度が等しくなり、クリンカアッシュ自体が破壊の原因とはならず、コンクリートの強度は遷移帯近傍の品質に依存することになる。クリンカアッシュの表面は多数の細孔があるため、遷移帯の品質が向上し、あるいはクラックアレスト作用も加わり、コンクリートの強度が増加すると考えられる。

しかし、クリンカアッシュとフライアッシュを砂の代わりに50%ずつ代替したコンクリートは、フライアッシュB種、C種を用いた場合においてはクリンカアッシュと標準砂を用いた場合よりも高い強度が得られた。この原因は、フライアッシュのポゾラン反応により強度の低下が少なかったためと考えられる。

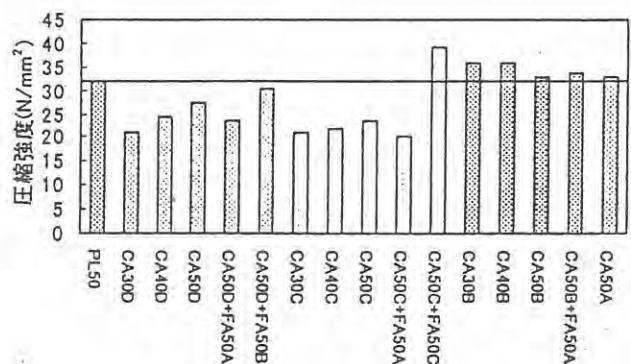


図1 圧縮強度試験結果

##### b) 圧縮強度と他要因の相関関係

ここでは、圧縮強度と他要因の相関関係を検討した。なお、クリンカアッシュのみ代替利用したコンクリートに限定する。クリンカアッシュを代替していないコンクリート(PL50)の強度を1として、他の配合ケースの圧縮強度を比で示し、圧縮強度比と呼ぶこととする。この時、次のことが言える。

- ① 圧縮強度比とクリンカアッシュの比重との関係は、線形であり、正の相関がある。寄与率( $R^2$ )は0.7681となり、高い相関を示した。従って、本研究の範囲では、クリンカアッシュの比重が高いと圧縮強度も上がる傾向にある。
- ② 圧縮強度比とクリンカアッシュの吸水率との関係は、累乗であり、負の相関がある。寄与率は0.8064となり、高い相関を示した。従って、本研究の範囲では、クリンカアッシュの吸水率が高いと圧縮強度比が下がる傾向にある。

以上の結果より、クリンカアッシュを代替利用したときの圧縮強度は、クリンカアッシュの比重と吸水率に高い相関を示す。そこで、圧縮強度比を、クリンカアッシュの比重、吸水率、代替率の3つの要素を用いて、

$$\frac{f_{c0}}{f'_c} = 0.0179 \times \frac{D_{cl}}{Q_{cl}} \times R_{cl}^{0.1} + 0.58$$

$f'_c$ : PL 50の圧縮強度 ( $N/mm^2$ )

$\frac{f_{c0}}{f'_c}$ : 圧縮強度比

$D_d$ : 比重

$Q_d$ : 吸水率

$R_d$ : 代替率

と表すことができる。図2は、圧縮強度比の実験値と算定値を比較したグラフである。このとき、寄与率は、0.8991となり、算定式は信頼性があるといえる。ただし、代替率は30～50%の範囲に限る。

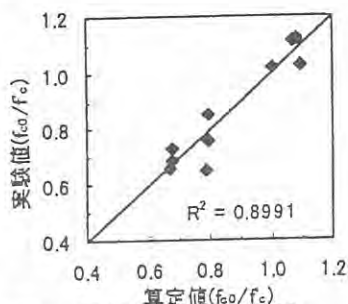


図2 圧縮強度比の実験値と算定値の比較

### c) 曲げ強度の比較

図4は、曲げ強度を比較したグラフである。図4より、曲げ強度試験においては、どのクリンカアッシュを用いた場合でもクリンカアッシュ無混入のコンクリートと同等あるいはそれ以上の強度が望める。これらの結果も、前述した圧縮強度と同様に、破壊形態の違いによるところが大きいものと考えられる。

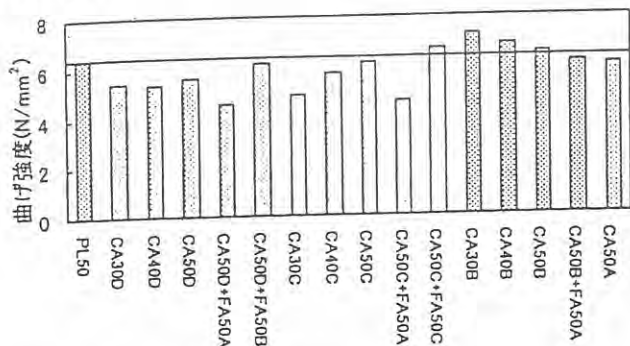


図3 曲げ強度試験結果

### D) 曲げ強度と他要因の相関関係

曲げ強度は、圧縮強度と同様の傾向があり、以下同様にして、曲げ強度比は、

$$\frac{f_{c0}}{f'_c} = 8 \times 10^{-6} \times \left( \frac{D_{cl}}{Q_{cl}} \right)^4 \times R_{cl}^{0.1} + 0.854$$

$f'_c$ : PL 50の曲げ強度 ( $N/mm^2$ )

$\frac{f_{c0}}{f'_c}$ : 曲げ強度比

$D_d$ : 比重

$Q_d$ : 吸水率

$R_d$ : 代替率

と表すことができる。図4は、曲げ強度比の実験値と算定値を比較したグラフである。このとき、寄与率は、0.7425となり、圧縮強度と比較すると、ややばらつきが見られる。これについても、代替率は30～50%の範囲に限る。

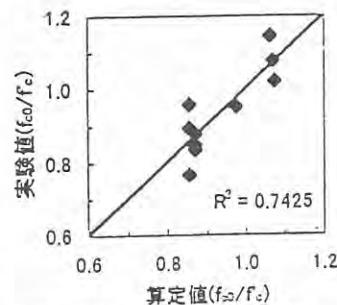


図4 曲げ強度比の実験値と算定値の比較

### e) 凍結融解試験の結果

凍結融解試験の結果、フライアッシュを大量混入したコンクリートは、非常に耐凍結融解抵抗性に劣るものとなった。このような結果を考察すると、フライアッシュを混入したコンクリートは初期材齢において強度の増加速度が普通コンクリートに比べ、遅いことが原因の一つと考えられる。

また、クリンカアッシュと標準砂を用いたコンクリートにおいても、クリンカアッシュの種類によっては耐凍結融解抵抗性に劣るものがあつた。これは、クリンカアッシュが吸水率の高い材料であるためと考えられる。吸水率が7.5%であるクリンカアッシュA種においては、十分な対凍結融解抵抗性を持つことが判明した。

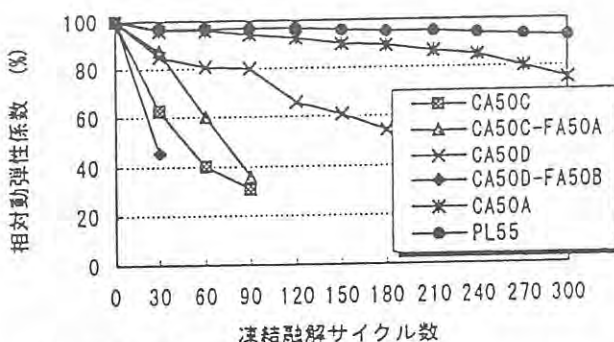


図5 相対動弾性係数の測定結果

### 3. 石炭灰の低強度制御型コンクリートへの適用

#### (1) 使用材料

使用材料は、普通コンクリートと同じものを用いた。

## (2) CLSM について

CLSM は、主に建設用埋戻し土や、裏込め土として、圧密土の代わりに使われる。特徴は、圧密の必要がなく、流動性もよいため、隙間のないところや、圧密や打ち込みの難しい制限されたところに使用できることである。機械による再掘削が可能である最大強度は、 $1.4\text{N/mm}^2$  以下である。

## (3) 配合

表 4 は本研究で用いた低強度制御型コンクリートの配合をまとめたものである。試験練りの結果より、単位セメント量を  $40\text{kg/m}^3$  とした。本研究では、砂の代わりにフライアッシュ、クリンカアッシュを用いた。石炭灰の種類、フライアッシュとクリンカアッシュの代替率の違いによる強度の影響を検討した。

目標スランプフロー（日本道路公団“JHS A 313” 1.2 シリンダー法による） $160\pm 20\text{mm}$  を得るため、配合によって、単位水量を調整した。

表 4 低強度制御型コンクリートの配合

| 配合ケース       | 代替率(%) |    | 単位量 ( $\text{kg/m}^3$ ) |    |      |      |
|-------------|--------|----|-------------------------|----|------|------|
|             | FA     | CA | W                       | C  | FA   | CA   |
| FA100A      | 100    | 0  | 440                     |    | 1293 | 0    |
| FA70A-CA30B | 70     | 30 | 364                     |    | 1030 | 393  |
| FA50A-CA50B | 50     | 50 | 319                     |    | 788  | 701  |
| FA30A-CA70B | 30     | 70 | 273                     |    | 505  | 1049 |
| FA70A-CA30C | 70     | 30 | 346                     |    | 1060 | 331  |
| FA50A-CA50C | 50     | 50 | 297                     |    | 814  | 593  |
| FA30A-CA70C | 30     | 70 | 219                     |    | 544  | 925  |
| FA100B      | 100    | 0  | 536                     | 40 | 984  | 0    |
| FA70B-CA30B | 70     | 30 | 471                     |    | 787  | 325  |
| FA50B-CA50B | 50     | 50 | 394                     |    | 647  | 623  |
| FA30B-CA70B | 30     | 70 | 355                     |    | 413  | 929  |
| FA70B-CA30C | 70     | 30 | 455                     |    | 812  | 275  |
| FA50B-CA50C | 50     | 50 | 384                     |    | 657  | 518  |
| FA30B-CA70C | 30     | 70 | 305                     |    | 446  | 822  |

## (4) 試験方法

### a) 一軸圧縮試験

打設後、直ちに  $\phi 50 \times 100\text{mm}$  供試体を同配合で 3 本作成し、室温  $18^\circ\text{C}$  前後で養生した。材齢 1 日、7 日、28 日後、“JIS A 1216” の試験方法に準じて一軸圧縮試験を行った。

### b) 凍上試験

$\phi 80 \times 50\text{mm}$  供試体を同配合で 3 本作成し、14 日間の養生後、北海道開発局による凍上試験に基づいて試験を行った。気中温度は  $-6.0^\circ\text{C}$  とし、水中温度は  $+1.0^\circ\text{C}$  に設定する。所要時間は標準 72 時間とする。

## (5) 試験結果及び考察

### a) 圧縮強度の比較

図 6 は、圧縮強度を比較したグラフである。建設省より示されている流動化埋戻し材の指針は、

- ① 1 日で  $0.13\text{N/mm}^2$  以上（人が乗れる程度）
- ② 7 日で  $0.2\text{N/mm}^2$  以上

### ③ 28 日で $0.5 \sim 1.0\text{N/mm}^2$

である。本研究において、これらの目標値を基準とすると、ほぼすべての配合において、この目標値を満たす。従って、フライアッシュ、クリンカアッシュは埋戻し材などの CLSM に適用することができる。また、フライアッシュとクリンカアッシュの比が 1:1 の場合において、強度のピークが現れた。

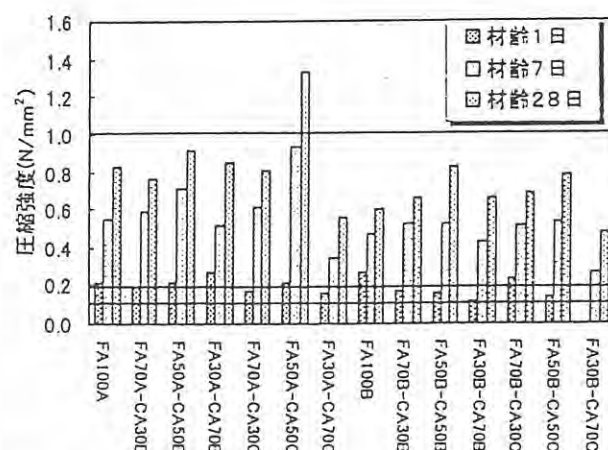


図 6 圧縮強度試験結果

### b) 凍上試験の結果

図 7 は、凍上時間と供試体高さの変化を示したグラフである。これより、供試体の高さに大きな変化は見られず、凍上率も  $1.2 \sim 1.5\%$  である。従って、本研究の配合で、凍上に対して問題はほとんどないと言える。

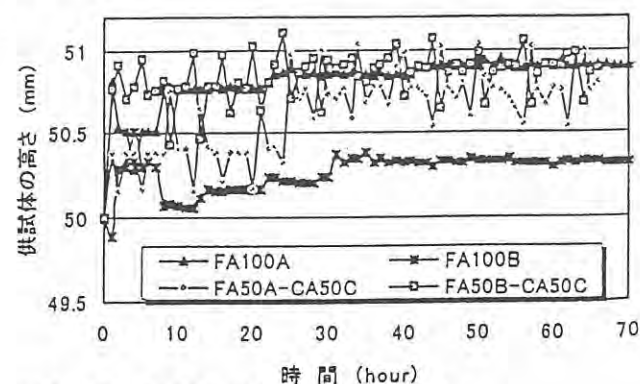


図 7 凍上時間と供試体高さの変化

## 4. まとめ

本研究の範囲では、以下の知見が見られた。

- ① 石炭灰を普通コンクリートの細骨材として代替利用するには、石炭灰の品質、代替率、及び使用環境などを考慮することにより、有効利用可能である。
- ② 石炭灰は低強度制御型コンクリートとして利用することには適しており、寒冷地での使用も可能である。



# コンクリート再生骨材による路盤材および凍上抑制層の適用について

佐 伯 昇 (北海道大学工学部)  
渡 邊 将 人 (丸彦渡辺建設(株)技術部)  
志 村 和 紀 (北海道大学工学部)  
長 尾 博 志 (北海道土木部)

## Application of Recycled Concrete Aggregate as a Road Base and Antifrost Layer Material

N. Saeki (University of Hokkaido)  
M. Watanabe (Maruhiko Watanabe Construction Ltd.)  
K. Simura (University of Hokkaido)  
H. Nagao (Hokkaido Government)

### 1 研究目的

コンクリート構造物の取り壊しによって大量のコンクリート塊が発生し、廃棄物として処理されている。これらを有効利用するために、コンクリート塊を破砕し、再生骨材として活用することが必要とされている<sup>1)</sup>。

再生骨材は品質のばらつきが大きく一般構造材料としての適用は早急には難しいが、路盤材などへの利用には有効であると考えられる。再生骨材は硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験に対しての値は、一般に下層路盤材の基準(20%以下)と比較して高いのが普通である。本研究は、路盤材および凍上抑制層への適用の点から試験施工を行い、骨材の凍害、凍上の挙動及びアルカリ分溶出について検討したものである。

### 2 研究方法

悪い品質を含めた広い範囲の再生骨材の試験を行うため、各種部材のコンクリート解体材から再生されたコンクリート再生骨材、NR1からNR8および普通骨材NNを選定した。その物性値<sup>2)</sup>を表-1に示す。また、札幌市においても再生骨材を用いた路盤が平成3年度に施工され、平成5年度まで温度、凍上量などの測定が行われた<sup>3)</sup>。このときの材料、下層路盤材としての品質の規格を満たしている再生骨材SR1、SR2および普通骨材SNについても表-1に示す。

NR1からNR8までの骨材は、安定性試験における損失量が28%~45%となっており、基準の20%以下を大きく越えている。また凍上に関係する0.075mmふるいを通る細かい粒子は基準が1

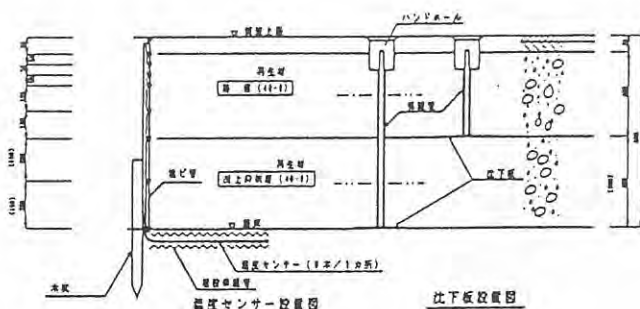


図-1 概略図(長沼町)

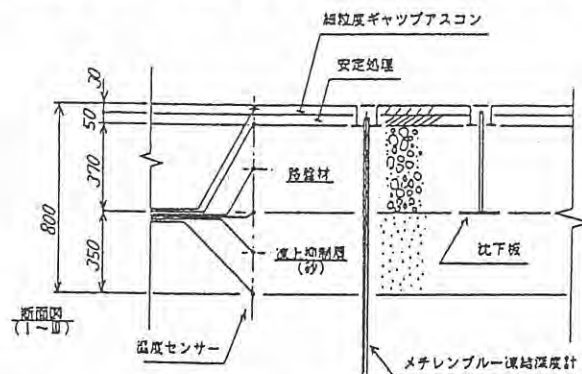


図-2 概略図(札幌市)



表-1 再生骨材および普通骨材の物性

| 骨材種類                       | NR1  | NR2  | NR3   | NR4   | NR5   | NR6       | NR7    |
|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|-----------|--------|
| コンクリート種類                   | 橋門   | 縁石   | 建物の上部 | フーチング | フーチング | アスファルト・縁石 | ミコスラッジ |
| 粒径 (mm)                    | 0-40 | 0-40 | 0-40  | 0-40  | 0-40  | 0-40      | 0-40   |
| 安定性損失量 (%)                 | 44.9 | 36.7 | 35.1  | 28.2  | 49.5  | -         | 32.5   |
| すりへり減量 (%)                 | 32.3 | 29.4 | 33.1  | 36.7  | 33.5  | (25.2)    | 33.3   |
| 単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> ) | 1.53 | 1.6  | 1.49  | 1.56  | 1.49  | 1.61      | 1.41   |
| 吸水率 (%)                    | 7.04 | 4.92 | 5.68  | 8.46  | 6.1   | 3.54      | 6.99   |
| 比重                         | 2.37 | 2.47 | 2.41  | 2.27  | 2.36  | 2.41      | 2.4    |
| 修正CBR (%)                  | 86.0 | 73.0 | 66.0  | 96.0  | 132.0 | 21.0      | 98.0   |
| 洗い損失量 (%)                  | 4.0  | 4.1  | 1.8   | 9.3   | 2.72  | (3.2)     | 6.35   |
| 凍上率 (%)                    | 5.5  | 7.1  | 8.1   | 7.8   | 20.6  | 1.2       | 16.3   |
| 最大凍上量 (cm)                 | 0.6  | 0.5  | 0.5   | 2.6   | 3.2   | 2.5       | 4.9    |
| 現場凍上率 (%)                  | 1.5  | 1.3  | 1.3   | 6.4   | 8.0   | 6.3       | 12.3   |

(NR1~NN 長沼町 SR1~SN 札幌市)

| 骨材種類                       | NR8         | NN   | SR1  | SR2               | SN   | 基準値   |
|----------------------------|-------------|------|------|-------------------|------|-------|
| コンクリート種類                   | 建物上部<br>ALC | 切込砂利 | 建物基礎 | SR1とSNとの<br>1:1混合 | 砕石   |       |
| 粒径 (mm)                    | 0-40        | 0-40 | 0-40 | 0-40              | 0-40 |       |
| 安定性損失量 (%)                 | 33.1        | 17.8 | 9.2  | 8.7               | 4.4  | <20   |
| すりへり減量 (%)                 | 30.4        | 20.7 | 29.7 | 26.1              | 25.9 | <45   |
| 単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> ) | 1.51        | 1.86 | 1.66 | 1.68              | 1.68 |       |
| 吸水率 (%)                    | 6.22        | 2.04 | 3.38 | 3.21              | 4.12 |       |
| 比重                         | 2.4         | 2.65 | 2.57 | 2.62              | 2.62 |       |
| 修正CBR (%)                  | 126.0       | 90.5 | 78.0 | 80.0              | 81.0 | >30   |
| 洗い損失量 (%)                  | 3.69        | 3.0  | 4.6  | 3.4               | 3.8  | <12   |
| 凍上率 (%)                    | 14.8        | 15.1 | -    | -                 | -    | (<20) |
| 最大凍上量 (cm)                 | 3.5         | 1.9  | 1.1  | 0.8               | 0.7  |       |
| 現場凍上率 (%)                  | 8.8         | 4.8  | 2.9  | 2.2               | 1.9  |       |

基準値：下層路盤の品質基準 ( ) 内は、凍上試験の判定基準<sup>3)</sup>

2%以下に対して再生骨材はそれ以下となっている。普通骨材は、すりへり減量が20%~26%なのに対して、再生骨材は、やや大きめの30%~39%となっている。長沼町において、これらの骨材を路盤材及び凍上抑制層に用いて舗装し、暴露実験を行った(図-1)。札幌市における暴露実験の断面図は、図-2に示す。

### 3 路盤の変位

長沼および札幌における路盤の変位をグラフに示す(図-3~図-6)。ここでいう路盤の変位量は、各年度当初を基準とした舗装表面の高さと路盤下に設置した沈下板の高さとの差である。すなわち、路盤材の凍上、沈下の変位を示している。札幌で用いたSR1~SNの変位量が、最大で1.1cmなのに対して、NR1~NR8、NNの最大変位量は0.5cm~4.9cm、2.5cmとなっている。

### 4 再生骨材の物性値の関連性

各物性値の関連性を調べた結果、相関係数が0.5以上のものを図-7から図-14に示す。最も相関性が高いのは、す

りへり減量と吸水率である(図-7)。相関性が高い順に並べると、吸水率と単位体積重量、安定性損失量と単位体積重量、すりへり減量と単位体積重量、吸水率と安定性損失量となっている。すりへり減量の値が大きくなるほど単位体積重量が小さく(図-8)、吸水率、安定性損失量、および洗い損失量の値が大きくなる傾向がみられる(図-7、図-13、図-14)。また、単位体積重量の値が小さくなると、吸水率や安定性損失量が増加する(図-8、図-9)。吸水率が大きくなると、安定性損失量や洗い損失量が増加する。これらのことから、すりへり減量の値が、コンクリート再生骨材の物性値に深いかわりがあるといえる。

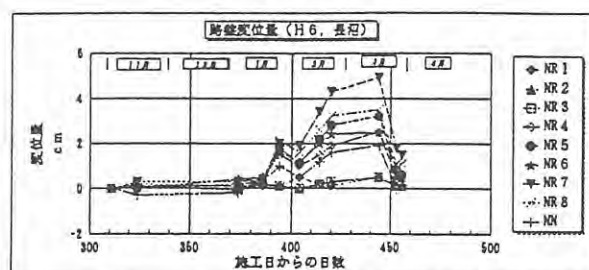


図-3 路盤変位量 (H6, 長沼町)

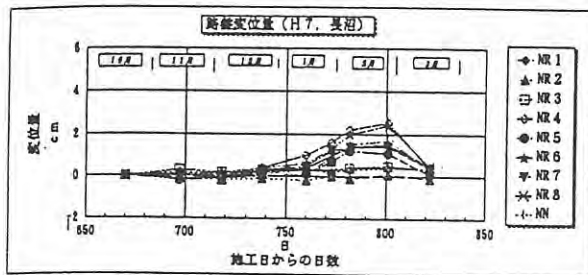


図 - 4 路盤変位量 (H7, 長沼町)

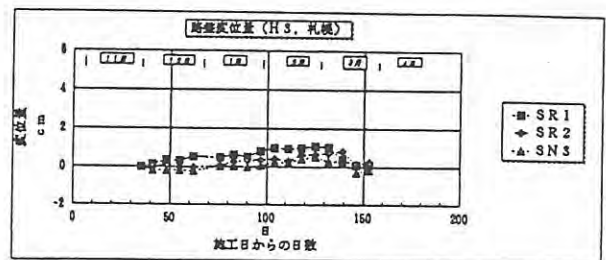


図 - 5 路盤変位量 (H3, 札幌市)

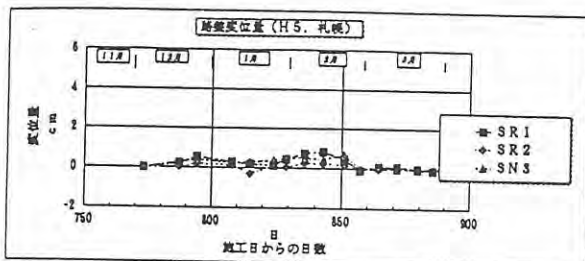


図 - 6 路盤変位量 (H5, 札幌市)

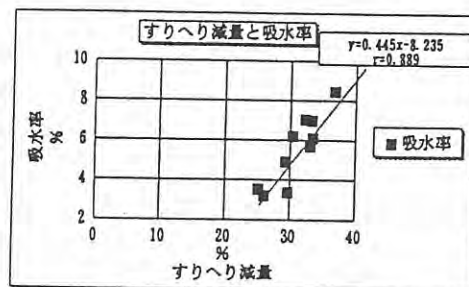


図 - 7 すりへり減量と吸水率

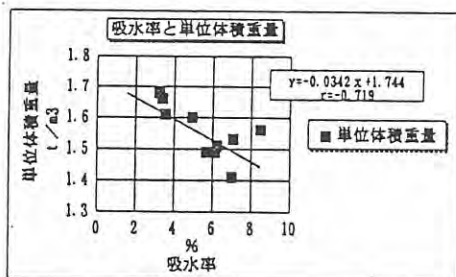


図 - 8 吸水率と単位体積重量

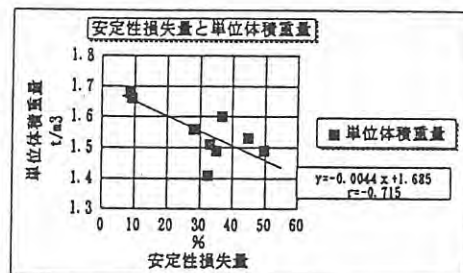


図 - 9 安定性損失量と単位体積重量

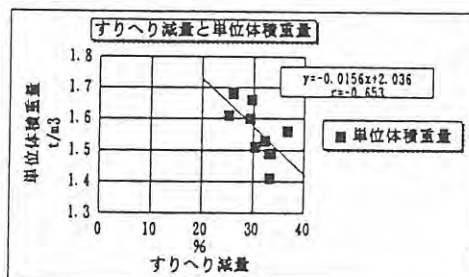


図 - 10 すりへり減量と単位体積重量

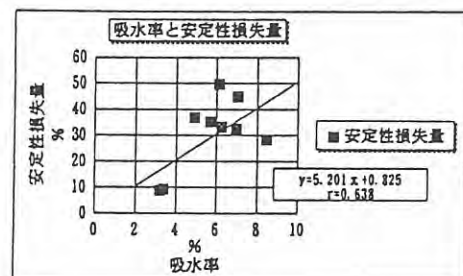


図 - 11 吸水率と安定性損失量

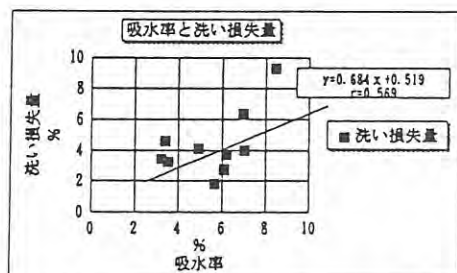


図 - 12 吸水率と洗い損失量

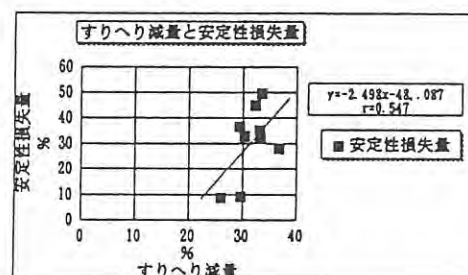


図 - 13 すりへり減量と安定性損失量

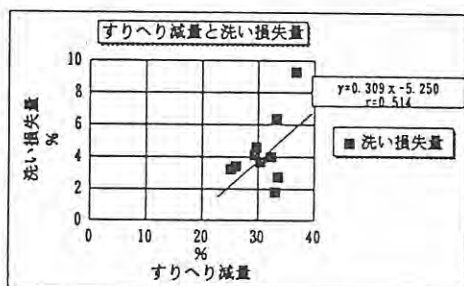


図 - 1 4 すりへり減量と洗い損失量

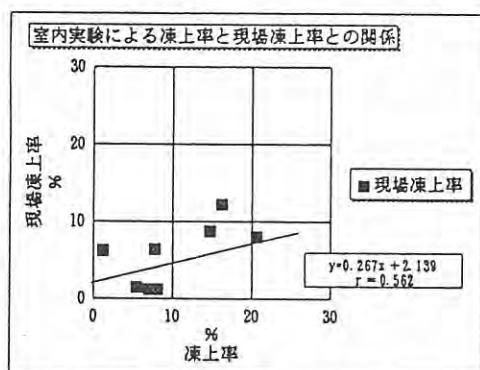


図 - 1 5 凍上率と現場凍上率との関係

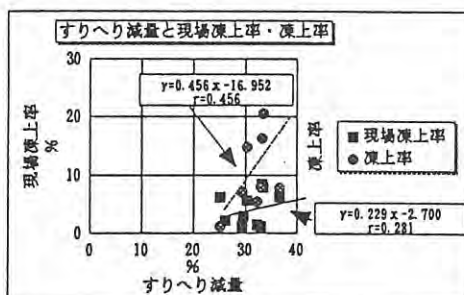


図 - 1 6 すりへり減量と現場凍上率・凍上率

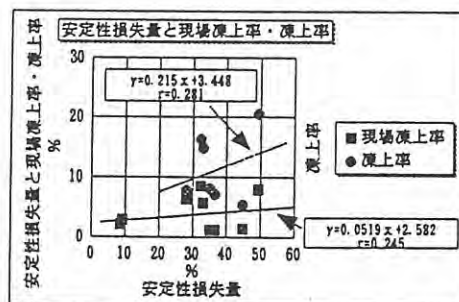


図 - 1 8 安定性損失量と現場凍上率・凍上率

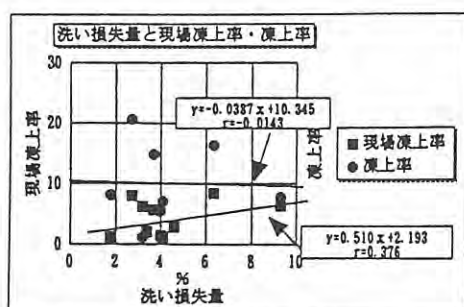


図 - 1 7 洗い損失量と現場凍上率・凍上率

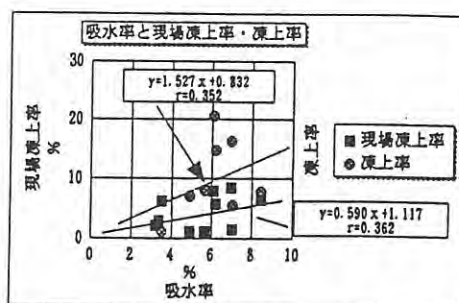


図 - 1 9 吸水率と現場凍上率・凍上率

## 5 室内試験による凍上率と現場凍上率との関係

凍上試験器を用いた室内試験による凍上率と暴露実験で測定した凍上量の最大値を最大凍上量とし、表-1に示す。最大凍上量を路盤厚で除した値を現場凍上率(表-1)とし、その関連をみると凍上率と現場凍上率とは比例関係にある。(図-15)

## 6 現場凍上率・凍上率と各物性値との比較

そこで、現場凍上率および凍上率を縦軸にし、洗い損失量、吸水率、すりへり減量および安定性損失量をそれぞれ横軸にとり、これらの関連性を調べる(図-16~図-19)。このなかで現場凍上率および凍上率と比較的相関性がみられるのは、すりへり減量と吸水率である。また、洗い損失量は、現場凍上率との相関が比較的あるが、凍上率との相関がみられない。

## 7 観測孔におけるpH濃度

図-20に示すように、観測孔を設け、pH濃度を測定した。なお、この暴露試験地は、地下水位が高く透水性が小さい粘性土の土壌である。平成6年度および平成7年度の各観測孔におけるpH濃度を平成5年度施工完了からの日数で表す。B2、B4は、コンクリート再生骨材路盤の使用箇所、B1、B3、B5は普通骨材NN、B6、B7は既設道路（舗装厚8cm、砂利厚50cm）、B8、B9は、現地盤となっている。また、B1～B3方向に1%の道路勾配となっている。図-21に示す通り、再生骨材使用箇所のpH濃度は、12～11程度、境界から3m以上離れた位置では、pH6～8.6程度を示す。図-22に示す通り水位が、高くなると路床および路盤を通して水が浸出する。路盤内の水位の変動が大きい箇所では、pH値の変動も大きい。

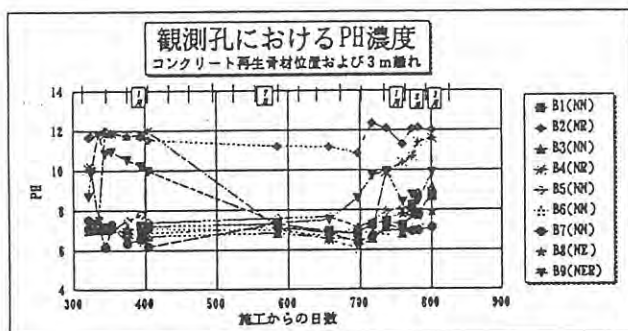


図-21 観測孔におけるpH濃度

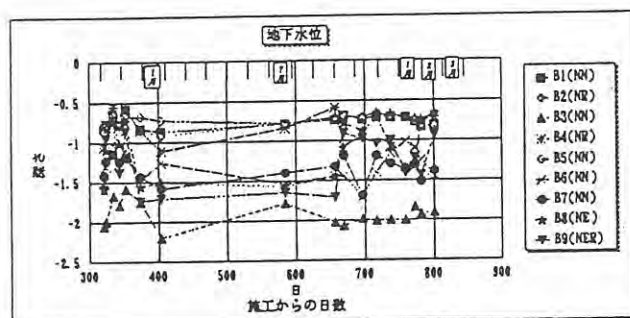


図-22 観測孔における地下水位

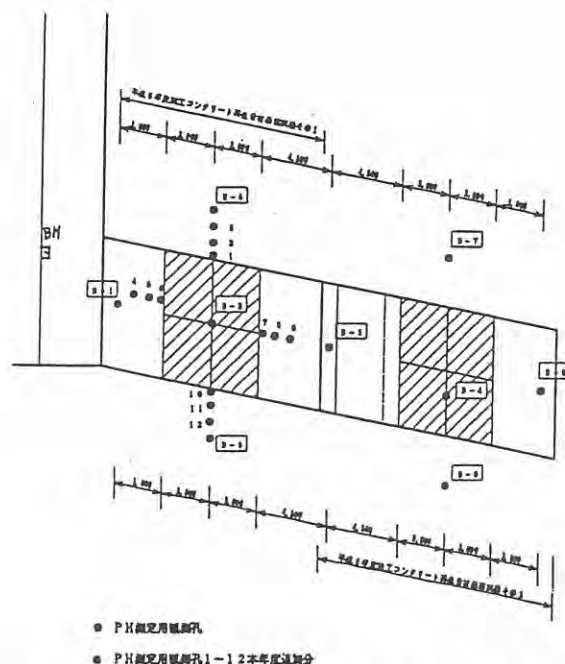


図-20 再生骨材路盤及び観測孔配置図(長沼町)

## 7. 1 地下水位と距離の関係

図-23に示すB2-B6方向の再生骨材路盤の境界から離れた位置における水位は再生骨材路盤内の水位とほぼ同じ高さまたは低くなっている。図-24に示すB2-B8方向の境界付近および路盤内の水位の変動がみられるが、再生骨材路盤の境界から離れた位置では、水位の変化はほとんどみられない。図-25に示すB2-B1方向の水位は、距離が離れるにともない水位が上昇している。図-26に示すB2-B3方向の水位は、距離が離れるにしたがい水位が下降している。地下水の移動は、B1からB3方向へ移動していると考えられ、道路勾配と同じ向きである。

## 7. 2 pHと距離の関係

図-27に示すB2-B6方向のpH濃度は、ほとんど変化していない。図-28に示すB2-B8方向もpH濃度の変化は現れない。図-29に示すB2-B1方向のpH濃度は上下している。B2-B6、B2-B8の方向は、再生骨材路盤境界から1m離れるとpH濃度は



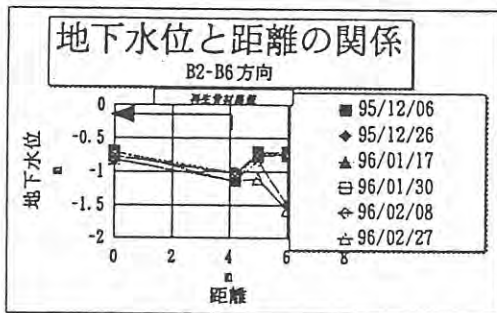


図 - 2 3 地下水位と距離の関係(B2-B6方向)

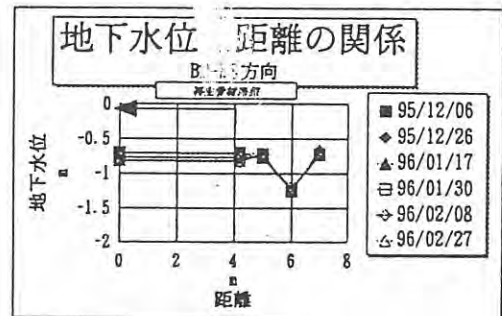


図 - 2 4 地下水位と距離の関係(B2-B8方向)

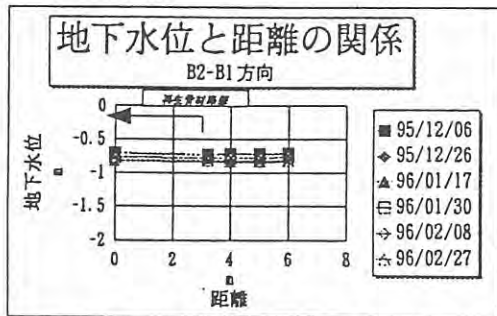


図 - 2 5 地下水位と距離の関係(B2-B1方向)

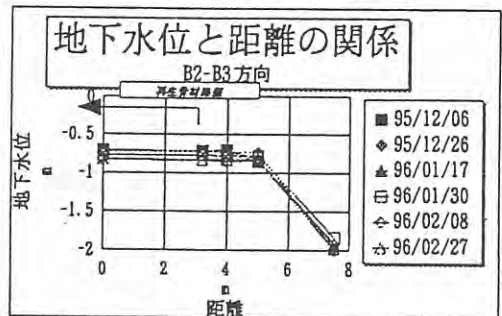


図 - 2 6 地下水位と距離の関係(B2-B3方向)

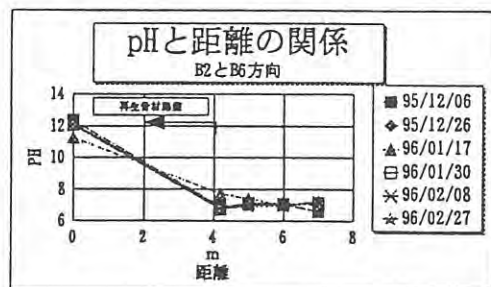


図 - 2 7 p Hと距離の関係(B2-B6方向)

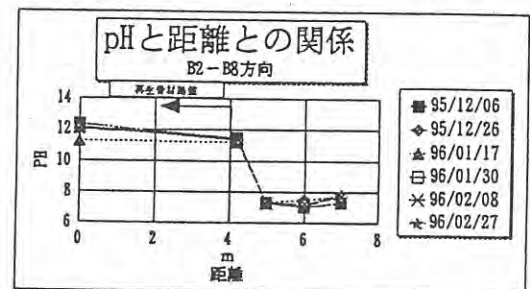


図 - 2 8 p Hと距離の関係(B2-B8方向)

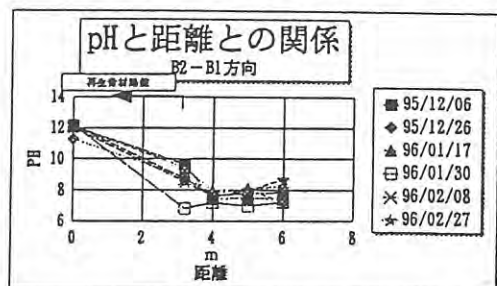


図 - 2 9 p Hと距離の関係(B2-B1方向)

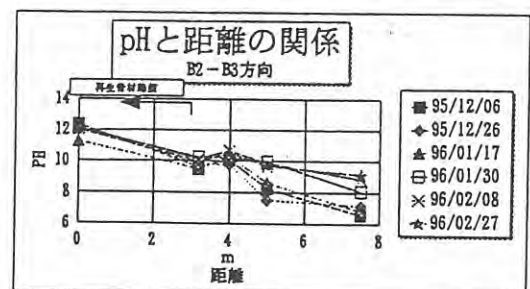


図 - 3 0 p Hと距離の関係(B2-B3方向)

表 - 2 観測孔位置における土壌のpH値

| 採取深さ (m) | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7     | 8     | 9    | 10    | 11   | 12   |
|----------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|
| 0.00     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -     | -     | -    | 7.61  | -    | -    |
| 0.25     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -     | -     | -    | -     | 8.54 | -    |
| 0.50     | 9.03 | 8.91 | 7.1  | 9.31 | 9.07 | 9.63 | 8.78  | 7.27  | 9.62 | 10.58 | 9.22 | 6.07 |
| 1.00     | 8.47 | 8.98 | 4.82 | 7.42 | 7.62 | 8.21 | 10.66 | 9.26  | 8.52 | 8.86  | 7.71 | 6.2  |
| 2.00     | 7.65 | 8.02 | 8.13 | 6.14 | 4.98 | 7.49 | 8.55  | 7.54  | 7.08 | 7.42  | 6.68 | 7.39 |
| 3.00     | 6.92 | 5.46 | 4.66 | 6.19 | 6.8  | 7.43 | 5.79  | 10.08 | 6.68 | 8.18  | 7.4  | 7.6  |

6.2 ~ 8である。B2-B1方向のpH濃度は、7.2~8.7である。図-30に示すB2-B3方向のpH濃度の変化が比較的大きい。これは、道路勾配と図-26に示す地下水位との関係で、水位の上昇によりpH濃度の高い水が路盤を通り、下流側の観測孔のpHが上昇していると考えられる。再生骨材路盤境界から7.5mの位置では、718日目の1995年12月6日にはpH6.6であったが、801日目の1996年2月6日では9.2である。

## 8 土壌のpH

### 8.1 土壌のpH測定

各観測孔を設置するときに採取した土壌を一定量採り、2~3倍の水を加えよく混ぜた後にpHを測定した。測定の手順は、液体のpHを測定するときと同じである。施工後700日目に採取した土壌のpHを測定した結果を表-2に示す。再生骨材路盤を用いた箇所から離れるにしたがい、または深くなるほどpH濃度が中性に近くなる。

### 8.2 土壌のpH吸着能に関する試験

採取した12カ所の土壌のpHの吸着能に関する試験を行った。試験の概要は、一定濃度の水酸化カルシウム溶液中に土壌を少量ずつくり返し添加し、添加の都度攪拌し原子吸光分析でpH測定を行い、pHが8.6(排水基準の上限)に達するまで添加した土壌の重量を計り土壌の吸着能を求める。その試験結果を基に破過進行距離と施工経過年数のグラフ<sup>5)</sup>に照らし合わせて歳月とともにpHがどのように推移するかを予測する。吸着能の算出は次式による。

吸着能 (me/100g)

$$= (A \times 0.1) / S \times 100$$

S: pHが8.6になるまで加えた試料重量 (g)

A:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  原液中の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度 (me/l)

表-3は、吸着能を示す。この土壌の場合の吸着能は、約5 (me/100g)程度と

なった。この試験地の場合、図-31のケース2'であるので、図-34のグラフによると、20m進むのに約100年かかることになる。

表-3 採取した土の吸着能<sup>5)</sup>

| 測点 | 採取した土の深さ (m) | pHが8.6になるまでの土壌投入量 (g) | 1回当たりの土壌投入量 (g) | 吸着能 (me/100g) |
|----|--------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 1  | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | 32.00                 | 5.00            | 4.70          |
|    | 3.0          | 13.20                 | 4.00            | 11.37         |
| 2  | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | 22.30                 | 5.00            | 5.76          |
|    | 3.0          | 17.20                 | 3.50            | 8.73          |
| 3  | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | 33.00                 | 4.50            | 3.89          |
|    | 2.0          | 33.40                 | 5.00            | 3.84          |
|    | 3.0          | 28.50                 | 3.50            | 5.27          |
| 4  | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | 31.20                 | 5.00            | 4.11          |
|    | 3.0          | 25.20                 | 4.50            | 5.96          |
| 5  | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | 33.10                 | 4.00            | 3.87          |
|    | 3.0          | 16.80                 | 5.00            | 8.95          |
| 6  | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | 28.70                 | 5.00            | 4.47          |
|    | 3.0          | 34.00                 | 5.00            | 4.42          |
| 7  | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | *                     | *               | *             |
|    | 3.0          | *                     | *               | *             |
| 8  | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | 24.20                 | 5.00            | 4.47          |
|    | 3.0          | *                     | *               | *             |
| 9  | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | 31.80                 | 5.00            | 4.04          |
|    | 3.0          | *                     | *               | *             |
| 10 | 0            | *                     | *               | *             |
|    | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | *                     | *               | *             |
|    | 3.0          | *                     | *               | *             |
| 11 | 0.25         | *                     | *               | *             |
|    | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | 31.50                 | 5.00            | 4.07          |
|    | 3.0          | 30.80                 | 5.00            | 4.48          |
| 12 | 0.5          | *                     | *               | *             |
|    | 1.0          | *                     | *               | *             |
|    | 2.0          | 26.20                 | 5.00            | 4.90          |
|    | 3.0          | 29.50                 | 5.00            | 5.09          |

\*は土壌投入量が40gに達してもpHが8.6にならなかった土壌

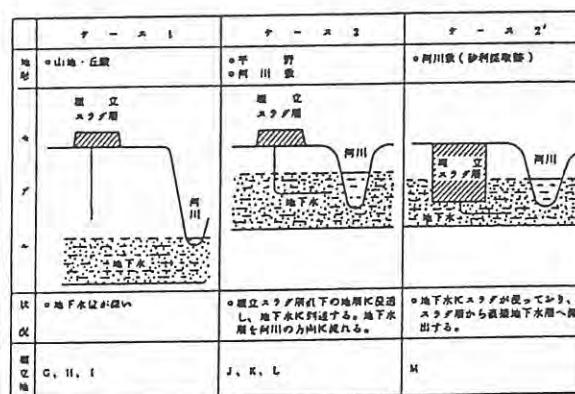


図-31 埋め立てスラグの浸透モデル

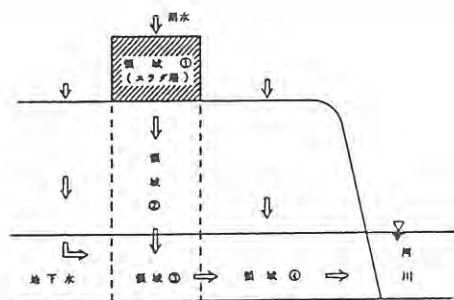


図-3-2 埋め立てスラグの計算手順

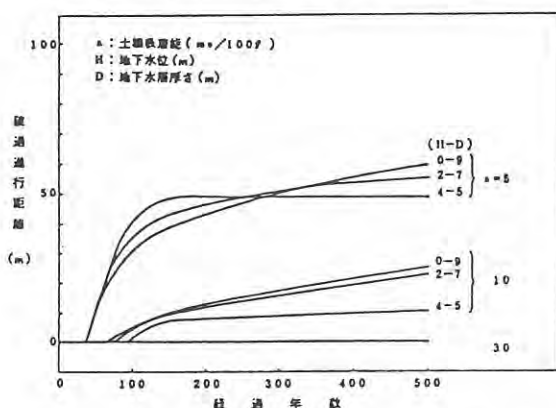


図-3-3 ケース2' の場合の破過進行距離と施工経過年数（覆土無し、後背距離50.0m）

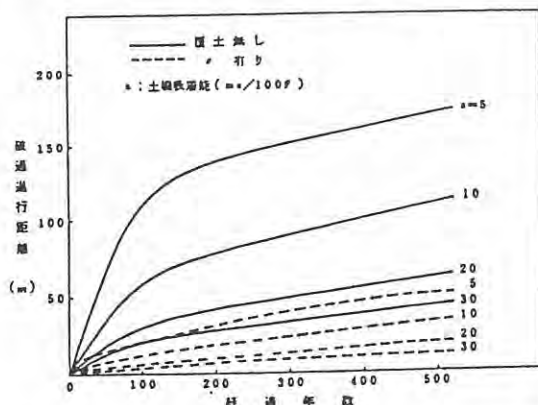


図-3-4 ケース2' の場合の破過進行距離と施工経過年数（埋め立てスラグが地下水底部まで埋めた当てられた場合、地下水2m、地下水層厚さ5m）

## 9 まとめ

1) 悪い品質を含めた今回の暴露試験の結果では、安定性損失量が基準以下であるコンクリート再生骨材を用いた路盤の

凍上量の最大値は、0.5～4.9 cmであり、その現場凍上率は、1.0～12.3%であった。また、舗装面を観察した結果、ひびわれなどの損傷は生じていなかった。

2) コンクリート再生骨材の物性値のなかで、すりへり減量と吸水率、吸水率と単位体積重量、安定性損失量と単位体積重量、すりへり減量と単位体積重量、吸水率と安定性損失量との相関関係がある。

3) 室内試験による凍上率と暴露試験で測定した現場凍上率とは比例関係にある。

4) 凍上率および現場凍上率と関係が深い物性値は、すりへり減量と吸水率である。すりへり減量や吸水率が増加すると、凍上率および現場凍上率は大きくなる傾向がある。

5) 再生骨材の使用箇所から7.5m離れた位置（地下水の下流側）のpHの値は、718日目では7未満であったが測定するごとに大きな値となり、801日めの値は9.17となった。その理由は地下水位が高いためで、地下水が路盤に浸透したためと考えられる。

6) 水が浸透しない場合には、1m離れた位置でもpH値の上昇はみられない。

7) 吸着能試験から求めたこの土壌のpH吸着能は約5 (me/100g)となった。また、破過進行距離と施工経過年数のグラフによると、この試験地の場合、pH濃度が浸透するのに、20mの距離で施工から100年かかることになる。

## 参考文献

- 1) 建設副産物再資源化会議「建設副産物（コンクリート塊）再資源化検討結果報告書」北海道保健環境部
- 2) N.Saeki and K.Simura, "Reuse of Recycled Concrete Aggregate as a Road Base Material in Northern District, Concrete In The Service Of Mankind, 1996
- 3) 道路土工-排水工指針' (社) 日本道路協会, 昭和62年6月, p243)
- 4) 渡邊将人他: コンクリート廃材を路盤材として用いた舗装体の冬期性状について, 第10回寒地技術シンポジウム' 94講演論文集
- 5) 須藤 俊博: 再生骨材を用いた路盤材の挙動について, 北海道大学卒業論文, 1996年3月

## ・護岸ブロックへの適用

河川を改修する場合に多くのコンクリートブロックなどが排出される。これを適当な大きさに破碎し、蛇笥などに利用するが多い。この場合破断面からある期間アルカリ分が溶出する。

帯工として用いた普通、再生コンクリートについてその材料が浸水している周囲の水の pH を測定した結果を図-2 および図-4 に示す。ここで、水質環境保全基準および生物学的見地より pH の許容限界を 8.6 として、施工直後から許容限界以下になるまで測定を続けた。再生コンクリートについては、図-2 に施工中、図-4 に施工後の pH 調査の結果を示した。測定場所は河岸に沿って帯工の上端部 (upper)、中央部 (central)、下端部 (lower) で行った。図-4 の横軸は図-3 で示した測定場所であり、それぞれ上中下部につき 3 地点行った。また、この表は各場所ごとに時間経過の pH をあらわし、一地点につき三回の計測を行い同縦軸上にプロットした。"water"は川の水の pH を示し "pump"は施工中にせき止められた溜まった水を川に排水するために用いたポンプの場所での pH 値を示した。

その結果、普通コンクリートブロックは施工開始から終了までの 7 時間で、許容限界を越えることなくその後二日間測定を行ったが川の水とほぼ同等の値であった。再生コンクリートの pH は施工中水が締め切られた状態において upper, central, lower 地点で徐々に上昇していき最大値 (Max) が 11 程度を記録した (図-2)。施工後は時間の経過とともに pH は低下していき、48 日間後の pH は川の水とほぼ同等の値に落ちついた (図-4)。

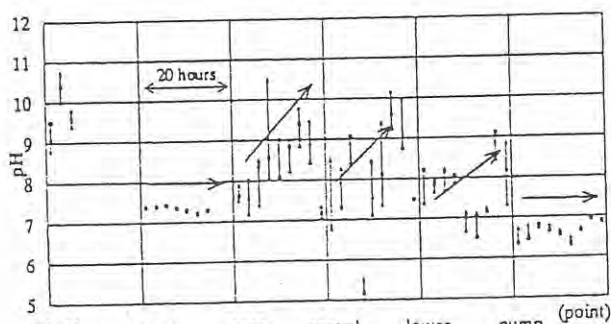


図-2 リサイクルコンクリートの pH 測定結果 (施工中)

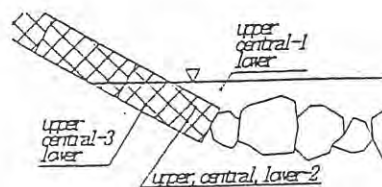


図-3 pH 測定場所

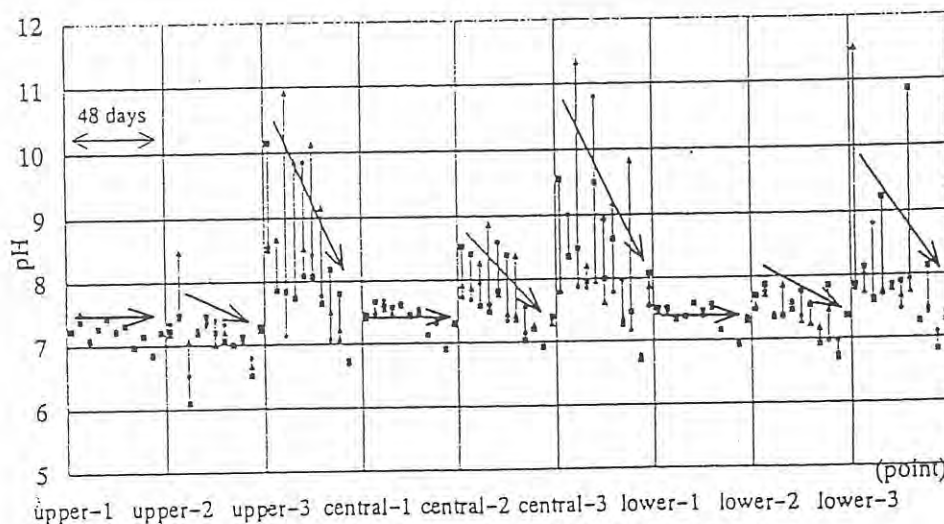


図-4 リサイクルコンクリートの pH 測定結果 (施工後)



## 10. 残・戻りコンクリート

全国生コンクリート工業連合技術委員会(生コンクリートスラッシュ実験に関する調査報告書、1999)によって残・戻りコンクリートおよびスラッシュの発生量について、調査報告がまとめられている。全国の生コンクリート工場の調査依頼 3435 件に対して回答のあった 2713 件のデータをまとめたもので残・戻りコンクリートに関連する推定値をまとめたものが表である。各工場で月平均としては 32.4m<sup>3</sup> 程度の戻りコンクリートが発生している。これら戻りコンクリートの処理で、固形化処理を行っている工場が 45.7%(1027 工場/2247 工場)とされており、その固形化処理されたものの用途は二次製品が 43.6%、再生路盤材が 20.8%であり、産業廃棄物処理されているものが 18.9%となっている。戻りコンクリートを洗浄し骨材を回収しているのは全体の 41.7%の工場であり、55.9%の工場で回収した骨材はコンクリート骨材として利用され、埋め立て材などとして 48.7%の工場が利用している。

戻りコンクリートなどの発生量の推定

| 項目                                       | 出荷量・発生量                                                                    | 備考                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 実態調査による生コンクリート年出荷量                       |                                                                            | 2630 (回答組合工場数) × 43000m <sup>3</sup> /y<br>× 1.5 (非回答とその他の工場)<br>(全国：平成 5 年度実績 1 億 7000 万 m <sup>3</sup> )                                                                       |
| 残・戻りコンクリートの年発生量                          | 約 130 万 *m <sup>3</sup> ~ 約 150 万 **m <sup>3</sup><br>(出荷量の 0.76% ~ 0.90%) | *2247 (回答組合工場数) × 32.4m <sup>3</sup> /m × 12 ヶ月 × 1.5 (非回答とその他の工場)<br>**2630 × 1.5 (工場数とした場合) 32.4m <sup>3</sup> /m × 12 ヶ月                                                      |
| 残・戻りコンクリートからのスラッシュ発生量の推定 (骨材を回収して利用した場合) | 78 万 t ~ 90 万 t                                                            | 明石海峡大橋の下部工の合計が 143 万 m <sup>3</sup><br>130 万 or 150 万 m <sup>3</sup> × 300kg/m <sup>3</sup> (平均単位セメント量) × 2 (含水率 100%として)<br>注) 但し、固形化処理 45.7%の工場が実施しているため、約 40 ~ 50 万 t と推定される。 |

## 11.ライフサイクル炭酸ガス排出量(LCCO<sub>2</sub>)

ライフサイクルを通じて環境に与える影響を評価する(ライフサイクルアセスメント：LCA)によって環境負荷を分析することが行われ始めている。その中で地球温暖化現象への対策が重視され、LCCO<sub>2</sub>が算定されている。下表に示されるような LCCO<sub>2</sub> 原単位が用いられている。これらは LCA の手順、すなわち目的の明確化(Goal Definition)、データ収集(Inventory)、環境負荷分析(Impact Analysis)および説明(Interpretation)によって資源の採取、建設、供用解体、処理、輸送などの各垣段階でデータから CO<sub>2</sub> を算出することになる建設重機の時間当りの炭酸排出量を算出した側を挙げる。

LCCO<sub>2</sub>原単位

(出典：土木建設業における環境負荷評価 (LCA) 研究小委員会講演要旨集, 1997)

| 分類項目                        | LCCO <sub>2</sub> 原単位 | 分類項目                | LCCO <sub>2</sub> 原単位 |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| (1) 砂利・採石                   | 0.00154               | (10) アスファルト         |                       |
| (2) 碎石                      | 0.00189               | (10.1) アスファルト       | 0.0281                |
| (3) 木材                      |                       | (10.2) 舗装用アスファルト混合物 | 0.0113                |
| (3.1) 製品材                   | 0.0297                | (11) ゴム (タイヤ)       | 1.20                  |
| (3.2) 合板                    | 0.0519                | (12) 塗料             | 0.452                 |
| (4) セメント                    |                       | (21) 建設機械類          | 1.52                  |
| (4.1) ポルトランドセメント            | 0.228                 | (22) 汎用機械類          | 1.21                  |
| (4.2) 高炉スラグ 45%混入           | 0.135                 | (23) 仮設機材           | — <sup>*2</sup>       |
| (4.3) 生コンクリート <sup>*1</sup> | 0.0369                |                     |                       |
| (5) 鉄鋼                      |                       | (31) 軽油             | 0.779 <sup>*3</sup>   |
| (5.1) 高炉製熱間圧延鋼材             | 0.411                 | (32) 天然ガス(LNG)      | 0.669 <sup>*1</sup>   |
| (5.2) 電炉製鋼棒・型钢              | 0.128                 | (33) 液化天然ガス(LPG)    | 0.868 <sup>*1</sup>   |
| (6) アルミニウム (サッシ等)           | 2.03                  | (34) 電力             | 0.129 <sup>*4</sup>   |
| (7) 陶磁器 (建設用)               | 0.188                 |                     |                       |
| (8) ガラス (板ガラス相当)            | 0.486                 | (41) 運輸             | 0.0930 <sup>*5</sup>  |
| (9) プラスチック製品                | 0.492                 |                     |                       |

注) 単位は、特記なきもの kg-C/kg,

\*1 コンクリートの配合を普通ポルトランドセメント 351kg/m<sup>3</sup>, 細骨材 849kg/m<sup>3</sup>, 粗骨材 945kg/m<sup>3</sup>, 水 147kg/m<sup>3</sup>とした場合は 84.9 kg/m<sup>3</sup>と算出される。

\*2 耐用年数を 10 年として、仮設機材製造エネルギーを実使用年数/10 で除して求める。

\*3 単位は kg-C/ℓ

\*4 単位は kg-C/kWh

\*5 単位は kg-C/t・km

建設重機の時間当たりの炭素排出量の算出例

(出典：土木建設業における環境負荷評価 (LCA) 研究小委員会講演要旨集, 1997)

| 工種           | 機械名称          |                   | 基本単位                        | 燃料消費によるもの      |                 |                 | 機械の消耗によるもの  |              |                |              | 合計<br>(kg・C/時) |                 |
|--------------|---------------|-------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|----------------|--------------|----------------|-----------------|
|              | 機種            | 仕様                |                             | 軽油使用<br>量(ℓ/時) | 原単位<br>(kg・C/ℓ) | 排出量<br>(kg・C/時) | 機械重量<br>(t) | 基礎価格<br>(千円) | 時間当り<br>換算値(円) | 時間当り<br>消耗比率 |                | 原単位<br>(kg・C/ℓ) |
| コンクリート<br>打設 | コンクリート<br>ポンプ | 7-△式              | 10m <sup>3</sup> -0.2<br>5h | 12.0           | 0.779           | 9.3             | 8.95        | 26,200       | 10,100         | 0.000385     | 1.552          | 5.4             |
|              | ミキサー車         | 4.5m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>              | 11.6           | 0.779           | 9.0             | 9.2         | 9,400        | 3,230          | 0.000344     | 1.552          | 4.9             |
| 型枠工          | トラクタクレーン      | 油圧式<br>15-16t     | t                           | 8.5            | 0.779           | 6.6             | 19.8        | 22,600       | 5,430          | 0.000240     | 1.552          | 7.4             |
|              | トラクタクレーン      | 油圧式<br>20-25t     | t                           | 10.0           | 0.779           | 7.8             | 28.1        | 27,900       | 7,460          | 0.000274     | 1.552          | 11.9            |
| 鉄筋工          | トラクタクレーン      | 機械式<br>20-25t     | t                           | 8.5            | 0.779           | 6.6             | 28.2        | 32,000       | 9,120          | 0.000285     | 1.552          | 12.5            |
|              | トラクタクレーン      | 油圧式<br>20-25t     | t                           | 10.0           | 0.779           | 7.8             | 28.1        | 27,900       | 7,640          | 0.000274     | 1.552          | 11.9            |
| 足場<br>支保工    | バックホー         | 0.6m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>              | 17.0           | 0.779           | 13.2            | 18.6        | 22,600       | 5,430          | 0.000240     | 1.552          | 10.7            |
|              | ブルドーザー        | 21t               | m <sup>3</sup>              | 29.0           | 0.779           | 22.6            | 21.9        | 24,200       | 9,900          | 0.000409     | 1.552          | 13.9            |
| 土工           | -             | 15t               | m <sup>3</sup>              | 19.5           | 0.779           | 15.2            | 14.6        | 14,600       | 5,970          | 0.000409     | 1.552          | 9.3             |
|              | グラブセル         | 0.6m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>              | 20.5           | 0.779           | 16.0            | 33.7        | 28,200       | 9,900          | 0.000351     | 1.552          | 18.4            |
| (土留)         | ダンプ<br>トラック   | 11t               | t                           | 13.4           | 0.779           | 10.4            | 9.7         | 9,180        | 2,630          | 0.000286     | 1.552          | 4.3             |
|              | トラクタクレーン      | 20-25t            | t                           | 10.0           | 0.779           | 7.8             | 28.1        | 27,900       | 7,640          | 0.000274     | 1.552          | 11.9            |
| 舗装工          | 7t-7.5t       | 2.5-6.0           | t                           | 9.0            | 0.779           | 7.0             | 16.4        | 37,500       | 16,000         | 0.000427     | 1.552          | 10.9            |
|              | タイロレーダー       | 8-20t             | t                           | 7.0            | 0.779           | 5.5             | 14.8        | 8,200        | 2,900          | 0.000365     | 1.552          | 8.4             |
| 舗装工          | ダンプ<br>ローダー   | 8-10t             | t                           | 3.0            | 0.779           | 2.3             | 8.0         | 8,710        | 3,150          | 0.000362     | 1.552          | 4.5             |
|              | 普通トラック        | 11t               | t                           | 12.7           | 0.779           | 9.9             | 8.4         | 7,940        | 2,600          | 0.000327     | 1.552          | 4.3             |
| 運搬工          | トラック          | 4t                | t                           | 7.4            | 0.779           | 5.8             | 3.5         | 3,340        | 1,310          | 0.000392     | 1.552          | 2.1             |
|              | トレーラー         | 25t               | t                           | 12.8           | 0.779           | 10.0            | 17.2        | 15,000       | 5,220          | 0.000348     | 1.552          | 9.3             |
| 重量物<br>吊上    | トラクタクレーン      | 60t               | t                           | 12.5           | 0.779           | 9.7             | 43.2        | 59,600       | 16,900         | 0.000284     | 1.552          | 19.0            |
|              | クレーン<br>クレーン  | 50t               | t                           | 9.7            | 0.779           | 7.6             | 47.0        | 44,400       | 13,800         | 0.000311     | 1.552          | 22.7            |
|              |               |                   |                             |                |                 |                 |             |              |                |              |                | 30.3            |

## 第 2 部-V-1



## 廃棄物の最終処分法

### 1. はじめに

深刻化した廃棄物問題を解決させるために資源循環型社会の成立が標榜されている。次世代へと資源・環境を保全し、持続可能な発展を遂げていくためにはこうした循環型社会の形成は不可欠であると考えられる。では、循環型の社会を形成するための具体的な方法論や技術とはどのようなものなのか。本稿では、昨今の我が国及び欧米での廃棄物問題の現状と取り組みを概観し、今後期待される廃棄物処分技術について一般廃棄物処理を主体に文献調査した結果について報告する。さらに、廃棄物処分技術と、我々の日常生活に遍く浸透している構造資材であるコンクリートとの間には接点が多く、様々な技術として密接に結びついている。コンクリート自体が建設廃材として廃棄物問題を提起していることも一つであるが、翻って、コンクリートの安定性、耐久性といった利点を生かした廃棄物の処理方法や再生資源の有効利用が検討され、次々と具体化している。そこで、今日の廃棄物処分法とコンクリートの関わりについて整理し、特に有害廃棄物の管理手段としてのコンクリート利用、及び廃棄物の有効利用としてのコンクリートの可能性について現状、研究の動向、課題等についてとりまとめ、報告する。

### 2. 我が国及び欧米における一般廃棄物の現状・課題・取り組み

#### 2.1 各国における一般廃棄物の発生量と処理比率

表1に、日本を含め欧米各国の人口・GDP・一般廃棄物発生総量・一人一日あたり発生量をまとめた<sup>1)</sup>。データは各国毎に若干異なるが概ね1993-1994のデータである。発生総量では、米国が最も多く、次いで日本、ドイツと続くが、一人一日あたりの発生量では、大半の国が1kg/人/日であるのに対して、カナダ、アメリカ、オランダは2kg強と多い。図1には各国の廃棄物の処理比率を示した<sup>1)2)3)</sup>。データの採取年は概ね表1と同様である。図より90年代初頭～半ばにおいては、欧米では、埋立処理が主体であり、米国、カナダ、イギリス、スペインで特に顕著である。焼却処理は日本が突出して多いが、スウェーデン、スイスも約50%前後の処理比率を占めている。ドイツ、デンマーク、スイス、オランダでは、リサイクル（コンポストも含む）の割合が当時から他国と比較して高くなっており、リサイクルに取り組む努力が伺える。

表1 日本及び欧米各国の廃棄物発生量

|        | 人口    | GDP   | ごみ発生<br>総量 | 1人1日<br>当たり<br>発生量 |
|--------|-------|-------|------------|--------------------|
|        | 万人    | 億ドル   | 万t/年       | g/日                |
| 米国     | 26300 | 67360 | 20700      | 2160               |
| 日本     | 12500 | 46300 | 5020       | 1120               |
| ドイツ    | 8200  | 14760 | 4350       | 1450               |
| イギリス   | 5700  | 10247 | 3500       | 1680               |
| カナダ    | 2900  | 5480  | 3380       | 3190               |
| フランス   | 5600  | 12786 | 3000       | 1470               |
| イタリア   | 5800  | 11866 | 1560       | 737                |
| オランダ   | 1500  | 2630  | 1200       | 2190               |
| スペイン   | 3800  | 5879  | 1180       | 851                |
| スウェーデン | 890   | 1540  | 320        | 985                |
| スイス    | 700   | 2487  | 290        | 1140               |
| デンマーク  | 520   | 960   | 230        | 1210               |

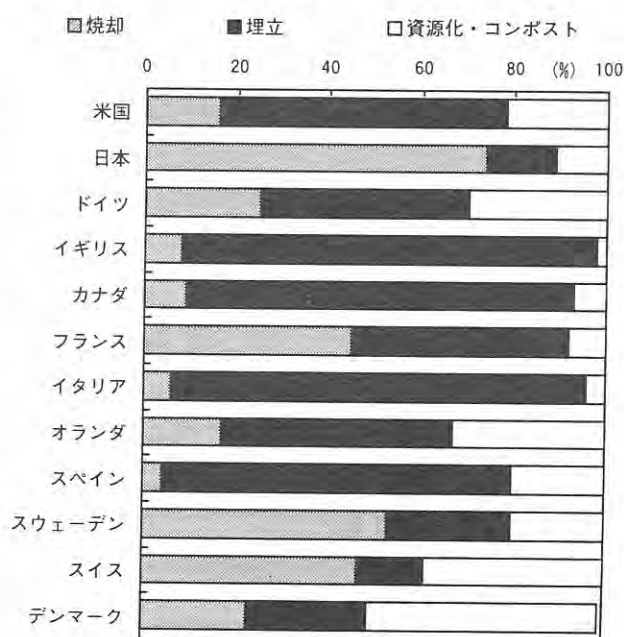


図1 廃棄物対策の階層戦略

## 2.2 廃棄物対策の動向

### (1) 階層戦略の考え方

この 90 年代前半の時点より、各国は、廃棄物量の増大、埋立地容量圧迫及び埋立用地不足、廃棄物処理コストの増大、環境汚染・資源の枯渇に対する懸念等から、様々な対策を講じるようになった。対策の根幹は「廃棄物の減量」「資源の有効利用」「環境汚染の回避」であり、その具体的な概念は図 2 に示すような階層対策<sup>4)</sup>に基づいている。この階層対策の考え方は、近年では世界共通の概念と認識され、①発生回避、②再利用 (Reuse)、③再生利用 (Recycle)、④エネルギー回収、⑤適正処理の順で廃棄物対策を講じることで現存する廃棄物問題に取り組もうとするもので、上位のものほど優先度が高い対策となっている。

この階層対策の考え方は  
各国の共通認識  
とされている。



図 2 日本及び欧米各国の廃棄物処理比率

図 2 日本及び欧米各国の廃棄物処理比率

### (2) 発生抑制

対策として最も優先されるべき①の発生回避は、ゴミとなるものを生産しない、消費しないことと位置づけられる。これは製品製造者や消費者等の考えに委ねられるものであるが、生産・流通・消費各過程での政策的対応等により、発生回避への誘導が図られている。具体的な事例としては、ドイツにおける“廃棄物の発生回避及び処理に関する法律 (1986)”，“循環経済廃棄物法 (1994)” や米国における“汚染回避法 (1990)” などが発生回避のための施策を組み込んだ法律として施行されている。また、我が国においても家電製品リサイクル法 (1998) 等の整備により、廃棄物量を最小化するような製品設計や材料変更に製品製造業者が取り組むようになることが期待されている。

### (3) 再利用 (Reuse)、再生利用 (Recycle)

発生回避を進めても発生する廃棄物については、階層対策上次の優先度となる②③の Reuse, Recycle を促進することで対応すると考えられている。製品を再利用する Reuse は、素材を再生利用する Recycle に比べ投入するエネルギーが少なく済むことから対策の優先度が高くなっている。Reuse, Recycle の対象として最も代表的なものは、容器包装材であるが、多くの国で容器包装材に関する法整備がなされ回収努力が図られている。実際に機能している容器包装材のリサイクルシステムとしてはドイツの DSD が特に有名である。また、厨芥等の有機系廃棄物のコンポスト、堆肥化もリサイクルとして位置づけられており、欧米においては、yard waste のコンポスト化が盛んに行われている。

### (4) エネルギー回収

上記の発生回避、Reuse, Recycle によって廃棄物量が削減されることが期待されているが、それでも発生してくる廃棄物に関しては何らかの処理・処分が必要となる。欧米においては図 1 に示したとおり、これまでの処理形態は埋立処分が主流であったが、上記のような廃棄物対策を進めた上で発生する廃棄物に関しては、今後埋立処理を行わず、他の処理系へと移行すると見られている。階層対策によると、Reuse, Recycle に次ぐ施策はエネルギー回収とされており、その考

表 2 欧米各国の生ゴミ埋立廃止の動向

| 欧米における生ゴミ埋立の動向 |                                                                 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------|
| スイス            | 既に廃止                                                            |
| イギリス           | 1996年より課税                                                       |
| デンマーク          | 1997年廃止                                                         |
| オランダ           | 2000年廃止                                                         |
| フランス           | 2002年廃止                                                         |
| オーストリア         | 2004年廃止                                                         |
| スウェーデン         | できるだけ早く                                                         |
| カナダ            | 現在の埋立量の50%を2000年までにリサイクル・コンポスト・焼却へ転換する                          |
| デンマーク          | [1993⇒2000年目標値] リサイクル(50%⇒54%) 焼却(23%⇒25%) 埋立(26%⇒21%)          |
| オランダ           | [1996⇒2000年目標値] 再使用(15%⇒45%) 再生利用(0%⇒5%) 焼却(23%⇒50%) 埋立(50%⇒0%) |

え方の基本には、直接埋立により環境負荷を増大させ、資源としての効率的な利用を図らないこれまでの方法よりも、積極的にエネルギーに変換することで他のエネルギー資源を代替する事が環境対策上より効果的であるという認識がある。従って、欧米各国では、これまで行ってきた生ゴミ埋立を表2のように廃止して行く方針を明らかにしている<sup>1), 2)</sup>。

#### ①エネルギー回収手段1：焼却処理プロセス

この第4のプライオリティを持ったエネルギー回収という対策により欧米諸国では、生ゴミ直接埋立処分

から焼却処理へと処理形態が推移すると考えられるが、焼却処理を採用するメリットとして次の4点が挙げられる。

直接埋立処分から焼却処理へと移行する利点

- エネルギー回収＝（資源の有効利用及び保全）
- 残渣の安定化＝（適正処理）
- 減容化＝（埋立処分量の減少）
- 焼却処理残渣の有効利用＝（資源の有効利用）

しかしながら、焼却処理には必然的にダイオキシン問題等の環境汚染が付随する。これは環境保全という観点からは大きなデメリットであり、その対策は不可欠である。酒井<sup>2)</sup>によれば、欧州各国では、焼却に伴う環境汚染に対しては早くから対策が進められており、1980年代にダイオキシン問題が深刻化してから、1986年にスウェーデンがダイオキシンの排ガス規制値を $0.1\text{ngTEQ}/\text{Nm}^3$ を定めたのを筆頭に、順次オランダ、ドイツ、オーストリアが同じ規制値を採用しているとされる。ダイオキシン排出を抑制し、規制値を満足するための技術として、完全燃焼、バグフィルター、活性炭吸着、触媒脱硝、排ガスクラバー等に最新の技術[BDA T (Best Demonstrated Available Technology), MACT (Maximum Achievable Control Technology)]が取り入れられて対策が進んでおり、ゴミ焼却施設からのダイオキシン発生負荷は、ドイツ、オランダでは、以前の100分の1程度にまで減少しているといわれている。すなわち、欧米各国においては、最新の利用可能な技術を用いることで焼却処理に伴うリスクは低減可能であり、その上で、上記の4項目の利点を担保できれば、焼却によるエネルギー回収という選択肢は十分に採用されうると考えられているものと思われる。

一方、焼却処理が主体である我が国では、最近深刻なダイオキシン問題に直面している。欧米との大きな相違点は、欧米の焼却処理は基本的にエネルギー回収を前提にした施設であるために大規模な施設（ドイツでは、施設数50の内、500t/d以上が70%）となることが多いが、我が国に存在する約1800の焼却施設の大半は、小型で間欠運転を行う固定バッチ(230施設)、機械化バッチ(860施設)であるという点である。当然こうした小規模な焼却施設には熱エネルギー回収や発電システムは導入されず、単に処理のための焼却となっており、階層対策のエネルギー回収という概念に合致するものではない。さらに小規模・間欠であることはダイオキシン等の対策においても、燃焼制御の問題、排ガス設備導入の難しさといった点から十分な管理が行えないため、ダイオキシン問題を深刻化させた一因ともなっている。平成12年1月に“ダイオキシン対策特別措置法”が施行され、新設の4t/h以上の施設に関してはダイオキシン排出基準値として欧米並の $0.1\text{ngTEQ}/\text{Nm}^3$ に設定されたが、既設の施設に関しては、平成14年11月まで本基準の適用を猶予

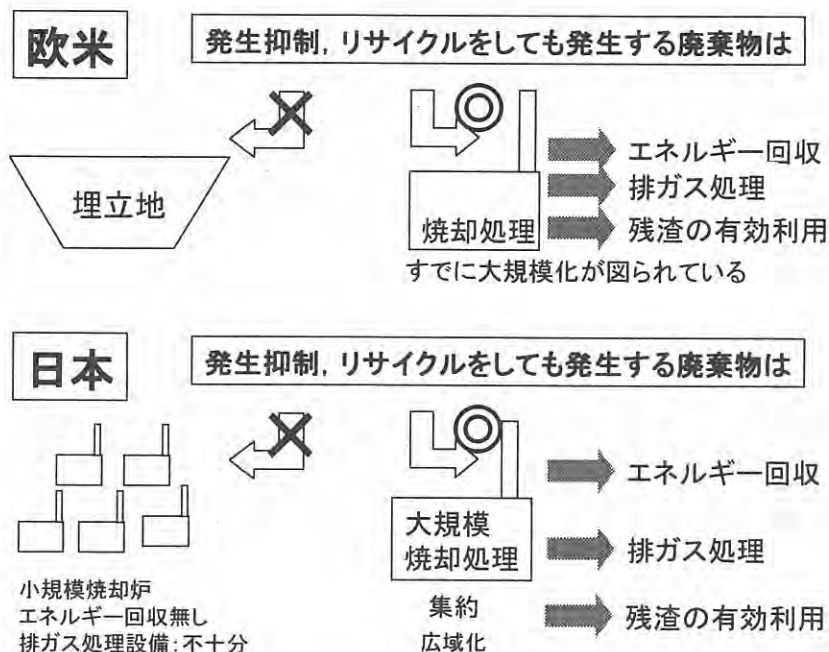


図3 エネルギー回収を意図した欧米及び日本の焼却処理体系の在り方



しており、それまでは  $80\text{ngTEQ/Nm}^3$  の排出を認めるなど、欧米からの遅れが顕著である。すなわち、我が国の焼却処理は、欧米各国がこれからの廃棄物対策の一手段として目指している方向とは全く異なるものであったといえる。欧米が埋立から焼却へと向かう根底には、環境保全とエネルギー資源としての有効利用がある。しかしながら、我が国のこれまでの焼却処理は、環境保全という点からも、エネルギー資源の利用という点からも、それらの目的を充足するものではなく、単なる処理手段でしかなかった見なせるからである。従って、我が国の焼却処理の形態にも抜本的な変革が迫られている。厚生省では、ダイオキシンの恒久対策を達成するため、焼却炉の集約に当たって処理能力  $300\text{t/day}$  以上の全連続式焼却施設が望ましく、少なくとも  $100\text{t/day}$  以上の処理能力を有する全連続式焼却施設が必要であるとしている<sup>5)</sup>。 $300\text{t/day}$  の根拠は、ごみの質・量の安定化、燃焼の安定化、排ガス処理の高度化、余熱利用が図られる施設規模とされ、具体的には現在のごみ処理施設構造基準での廃熱ボイラを採用する基準値に該当している。一方の  $100\text{t/d}$  は、全連続式炉の採用下限値  $80\text{t/d}$  にはほぼ対応する。この規模を確保するために我が国の焼却処理には現在、広域化が求められている。特に小規模施設が散在する地域においては、エネルギー回収、環境汚染対策の両方を満たすために、焼却対象となる廃棄物を大規模施設に集約して焼却処理することが必要とされ、具体的に広域化の基本計画が策定されつつある。

以上より、欧米と我が国での発生抑制・Reuse, Recycle をした上での廃棄物処理形態についての方角性を概略的にをまとめると図3のようになると考えられる。

技術的な点に関しては、焼却処理技術及びそれに付随する環境汚染防止技術は現在も技術革新が進められており、排ガス処理技術、エネルギー回収技術等を主体に、よりクリーンな処理技術へと発展していくことが期待されている。

## ②エネルギー回収手段2：バイオガス化

一方、エネルギー回収という観点からは、厨芥等のバイオガス化にも注目が集められている。容器包装リサイクルによって分別の徹底が図られた場合、発生廃棄物が厨芥主体となり、含水率が上昇することで発熱量が低下し、焼却には不適なものとなる可能性が想定されている。発熱量が低下した廃棄物を従来の焼却技術によって燃焼させるためには多くの助燃燃料を添加する必要が生ずることから好ましくない。また、ごみ燃料化(RDF)を行う場合でも、乾燥に多くの熱量が消費され実質的にエネルギー回収率が低下する。従来有機系廃棄物主体に行われてきたコンポスト化処理は、エネルギー消費型であり、その回収は見込めず、また、生産したコンポストの利用拡大に期待ができないなどの問題を抱えている。そのため、厨芥主体の廃棄物に関しては、その処理方式としてメタン発酵によるバイオガス化が効果的であると見られており、欧州においては、1993年段階で15施設が稼働中であり、20施設以上が建設中となっている<sup>5)</sup>。

## (5)適正処理、埋立処分と中間処理残渣の有効利用

このように発生抑制、Reuse, Recycle を促進し、それでも発生する廃棄物に対しては焼却等の熱処理によるエネルギー回収を行って対応する方向を各国が目指していると考えられるが、その結果発生する残渣、及びReuse・Recycle・エネルギー回収の対象とならない廃棄物に対しては、階層対策の第5番目となる適切な処理を施して埋立処分するという方策が採られることとなる。

階層対策の目的は埋立処分量の削減、環境・資源の保全であることから、埋立処分される廃棄物量は可能な限り低減させ、利用可能なものは極力有効利用を図ることが望ましい。そのため、ここで埋立の対象とされる廃棄物は、上記の4つの対策 PHASE を経て発生するものであるということからも、従来の埋立廃棄物と異なり、資源化や有効利用の方策を想定され得ない埋立処分するしかない廃棄物であると考えらるべきであろう。すなわち、何らかの処理を施すことにより無害化し、有効利用が図れる廃棄物に関しては、埋立の対象から除外され、積極的な利用が図られると思われる。

福永<sup>1)</sup>が、「ここ数年間の処理方法の技術的焦点は、焼却施設からの固体残渣(主灰、飛灰)の処理に移っている」と述べているように、これまで処分場に埋立処分されていた焼却等の熱処理を施した上で発生する残渣、及び破碎等の処理を施し金属回収を行った後に生ずる残渣に対して、より効果的に資源として利用する方法が広く探求されている。特に灰処理技術に関しては、ダイオキシン問題とも絡んで無害化することが強く要請されているが、無害化された結果得られる生成物は有効利用が可能となることから、その効用は大きいと考えられている。

中間処理残渣の有効利用・資源化の形態には、以下のようなものがある。

①直接利用[焼却主灰]: 焼却施設から排出される焼却主灰を直接利用する



主灰の利用率の高い国は、オランダ、デンマークが90%、ドイツは60%であり、その他各国においても以下のような形態で利用が試みられている。

- ・道路建設資材（ドイツ、オランダ、デンマーク）
- ・アスファルト舗装材への混合（アメリカ、イギリス）
- ・主灰混合モルタルを鉱坑の補強に利用（フランス）
- ・人工島建設のための埋立材（イスラエル）

②化学・物理的な処理を施した後に利用

- ・主灰の洗浄等による品質改善（アメリカ、オランダ）
- ・焼成処理（焼却残渣単独または粘土等と混合して1000～1400℃の高温にて焼成。有機物を燃焼除去し、無機物を融解固着させることで強度が増した固化体を形成させる。これを破碎し、紛状、粒状、がれき状に加工し、資材として利用、あるいは、石膏を添加してエコセメントを焼成させる）主灰の焼結プロセスによる改質（ドイツ）、・飛灰を焼結処理後、埋め戻し材、路盤材としての利用（スイス）等がある。

③物理選別

焼却主灰を、選別・分離・粉碎・分級し、微粒子に含まれる重金属、ダイオキシン類を分離するもので、有効利用に適した性状とするためにおこなわれる。

④山元還元技術

焼却灰中に含まれる各種金属を回収するためのもので、化学的に焼却灰中の金属を抽出し、得られる濃縮物を精錬所等へ送る分離技術である。

⑤溶融固化技術

焼却主灰及び飛灰を高温で溶融処理し、残留する有機物を燃焼、低沸点の有害金属を分離し、安定なスラグを得るもので、我が国においては、主流になりつつある。溶融処理により得られたスラグは、・道路路盤材、・埋め戻し材、・コンクリート骨材、・タイルなどへの有効利用が可能とされている。特に、焼却残渣のダイオキシンを無害化する手段として効果的であるといわれる。

以上が主要な中間処理残渣の無害化、有効利用の形態であるが、こうした有効利用には、十分な環境影響の評価、及び適用に当たっての規制値の整備が重要とされる。

我が国においては溶融処理により得られたスラグの有効利用に向けた法整備の取り組みがなされており、その動向は表3に示したとおりである。

上記の通り、埋立処分量を削減するために様々な技術が検討されているが、冒頭に述べた、エネルギー回収、適正処理、有効利用という評価軸でこうした技術の適用性に対して議論する必要がある。そこで、この3点に関して大規模焼却炉で焼却を行うことを前提に、各処理形態の得失を評価する次のようになると考えられる。

大規模焼却炉による処理は、エネルギー回収、環境汚染の防止という点からは効用を有している。この処理から発生する処理残渣を直接埋立すると、有効利用にはならず、また適正処理とも言い難い。一方、直接資材として運用する方式は、資源の有効利用、埋立量の削減にはつながるが、その利用には十分な環境への配慮が必要となる。欧米での利用は盛んに行われているが十分な評価を行い、規制値を確立する必要がある。溶融処理によるスラグ化は、より確実な無害化ができることが種々の研究で報告されており、有効利用も期待できる。しかしながら、溶融に大量のエネルギーを消費することは、焼却によって回収したエネルギーを再度消費することにつながり、議論の余地が残されている。

表 3 溶融スラグの再生利用に向けた法整備の動向

| 我が国における溶融処理物再生利用に向けた法整備 |                                                                       |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1991.3                  | 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」・改正、集塵灰：特別管理一般廃棄物に指定                                |
| 1996.9                  | 施設整備計画における焼却灰溶融設備の整備促進（衛環第249号）                                       |
| 1997.1                  | ダイオキシン類発生防止等ガイドラインの改訂、灰対策の重要性を記載                                      |
| 1997.5                  | ごみ処理の広域化計画による溶融等の高度処理推進（衛環第173号）                                      |
| 1998.3                  | 一般廃棄物の溶融固化物の再生利用に関する指針の通知（環水企第111号、生衛発第508号）<br>において、溶融固化物に関わる目標基準を設定 |

こうした観点から、最近、「次世代型ごみ焼却技術」としてガス化溶融炉に期待が集められている。ガス化溶融は、廃棄物を熱分解して熱分解ガスと固定炭素に分解し、熱分解ガスを高温燃焼して得られた熱で、他の無機物を溶融しスラグ化する技術である。ガス化溶融炉が期待される要因として谷川<sup>6)</sup>は次の5点を挙げている。

- ①廃棄物の熱分解に必要な温度は300～500℃であり、可燃性ガスの生成に高温を必要としない。熱分解は低酸素条件下で行われるため、金属の酸化を避けることができ、より有利な状態で回収できる。
- ②気体燃焼は、低空気比で操作できるため排ガス量を少なくでき、排ガス処理設備をコンパクトにできるほか、高温燃焼を為、溶融に有利、燃焼制御が容易で、窒素酸化物やダイオキシンの生成を抑止しやすくなるという利点を有する。
- ③熱分解段階で金属が回収されるため、燃焼段階でダイオキシン生成の触媒となる金属を介在させずに済み、ダイオキシンの生成抑制が図れる。
- ④無機物の溶融により、直接スラグが得られ、焼却に較べて減容化、安定化が図れる。
- ⑤高温の排ガスから、より効率的な熱回収が見込める。

すなわち、エネルギー回収、適正処理、処理物の有効利用、埋立量の削減、いずれにおいても効果が大きいといえ、実際にこれらが満たされる技術として確立されるならば、将来の有望な技術となり得ると考えられる。しかしながら、現在のところ、発展途上の段階にあり、今後の技術開発が望まれている。

以上、今後の廃棄物処理に関して欧米各国の動向も含めてまとめてみると、廃棄物対策としては、○まず、発生を抑制することが第1とされている。

○発生を抑えられなかった廃棄物については分別・再利用・再生利用を可能な限り促進していく。

○再生利用等が不能な廃棄物に関しては、エネルギーを回収するが、そのためには大規模焼却施設等の効率的で環境へのインパクトの小さいものが採用される必要がある。

○焼却の後発生する処理残渣を含め、エネルギー回収が不能となったものは埋立処分対象となるが、処分量を減少させるためにも資源として有効利用が可能なものは、利用先を検討し、また特定の処理によって無害化できる場合には、残渣処理を経て有効利用される。

という方向性にあり、これらの要件を満足する社会システム作りや技術が必要とされているといえる。

### 3. 廃棄物問題とコンクリートの関わり

前節において、今日の廃棄物処理対策の方向性を概観してきたが、廃棄物の有効利用や、適正処理という点において、コンクリートが利用される機会が多い。そこで、現在考えられる廃棄物とコンクリートの関わり方を整理してみると、次のような4つの形態に分類できると考えられる。

①建設廃棄物としてのコンクリート

②廃棄物を保管する担い手としてのコンクリート

③廃棄物、もしくは廃棄物の処理物の有効利用先としてのコンクリート

④廃棄物の処理、処分施設としてのコンクリート

である。①とは、建築物や構造物の解体材として発生するコンクリートガラや、生コン残渣などが、廃棄物として排出されることに起因する問題であり、全国的な埋立地不足のために、深刻な処分用地難になっている。こうしたコンクリート系廃棄物に関しては、種々の再生利用法の開発が進み、分別・破碎処理し、再生骨材化する実規模のプラントが稼働しているところであるが、発生源が分散していることや小規模の現場でのオンサイトでの再生化が困難なことなどから、処分される量は依然として多い。従って、再生利用率を向上させるためのシステム作りが課題として求められている。②は、有害な重金属や化学物質が一般環境中に放出することを防止するために、有害廃棄物を封じ込める手段としてコンクリートやセメントが用いられることであり、焼却飛灰のセメント固化等が代表的なものである。この目的においては、コンクリートには、過酷な環境においても安定して有害物と外部環境とを遮断する機能が要求される。③は、従来埋立処分されていた廃棄物や廃棄物処理残渣には、骨材と類似の物理的性状を有するものや、簡単な処理によって骨材として利用可能なものが数多くあることから、コンクリートの骨材として有効利用を図るというものであり、その背景には埋立地の延命化と資源の保全という命題がある。こうした骨材利用が検討されている廃棄物には、建設廃棄物であるコンクリートガラや、建設汚泥から

再生される人工軽量骨材以外に、一般廃棄物の焼却残渣や、溶融スラグなどがある。④は、施設構造物としてコンクリートが廃棄物と関わっているというものである。廃棄物処理・処分施設には、その機能上、極めて特殊な能力が要求される。特に遮断型処分場、管理型処分場等においては、絶対条件である安定性以外にも、数百年というオーダーでの遮水性、耐久性が要求される。こうした機能の実現のためにも、コンクリートは重要な役割を担っていると考えられる。ここに列举したもの以外にも、数多くのつながりがあると考えられるが、以降では、上記の内、②と③について詳細に概説する。

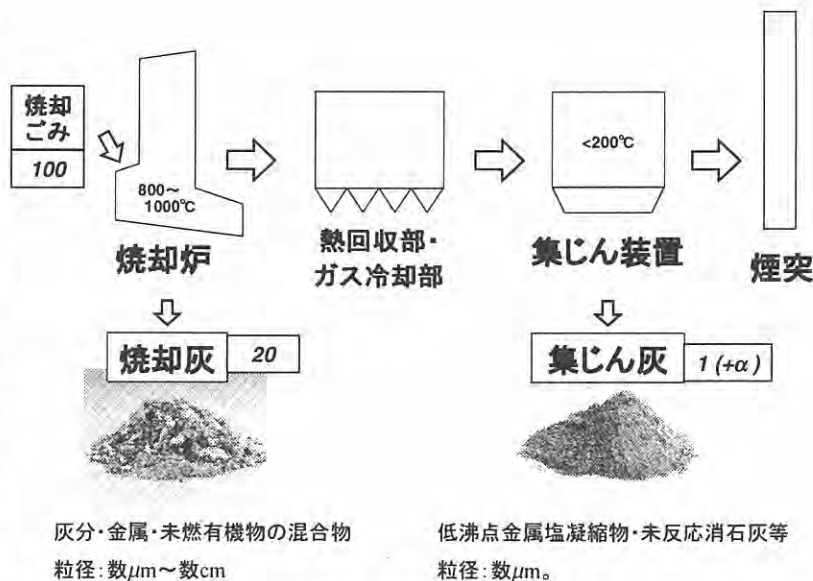


図 4 飛灰の発生

#### 4. 有害廃棄物を封じ込める担体としてのコンクリート

##### 4.1 有害廃棄物の管理

現在、廃棄物処理法で規定され、人の健康や環境に影響がないように安定化・無害化して処分しなければならない廃棄物とは、

○一般廃棄物：特別管理一般廃棄物に指定される廃棄物として、焼却飛灰など

○産業廃棄物：非常に多様であるが、埋立の判定基準をクリアしないものであるとされる。こうした廃棄物はその処理方法として、

(a) 遮断型処分場への保管

もしくは

(b) 安定化・固定化して管理型処分場への埋立

が指示されている。遮断型処分場への保管は、嚴重なコンクリート矩体で有害廃棄物を長期間、外部環境と完全に隔離することが必要とされ、安定化・固定化には、有害物が長期間に渡って溶け出さないことが要求される。後者の安定化・固定化の処理方法として今日代表的なものは、

・溶融固化 ・セメント固化 ・薬剤処理 ・酸・その他溶媒による安定化

である。これら4種の方法の内、一般廃棄物の焼却飛灰に関しては、現状ではセメント固化が最も多くなっている。

##### 4.2 焼却飛灰のセメント

固化の概要

一般廃棄物の焼却に伴って発生する飛灰とは、図4に示すように、集塵装置から排出される集塵灰であり、量的には投入廃棄物 100 に対して焼却灰 20、集塵灰 1 と約 1% であるが、低沸点金属塩凝縮物を大量に含有しており、ダイオキシン濃度も高いために嚴重な管理が必

表 4 飛灰の性状

| 飛灰 | 飛灰発生源 |        |          | 物理性状    |       |          |  |
|----|-------|--------|----------|---------|-------|----------|--|
|    | 燃焼方式  | 酸性ガス除去 | 含水率(wt%) | 灰分(wt%) | 比重(-) | 平均粒径(μm) |  |
| A  | ストーカ式 | 湿式     | 0.1      | 91.4    | 2.0   | 24.0     |  |
| B  | ストーカ式 | 乾式     | 2.3      | 88.9    | 2.4   | 18.4     |  |
| C  |       | 乾式     | 0.3      | 96.3    | 2.5   | 30.2     |  |
| D  | ストーカ式 | 湿式     | 0.7      | 94.5    | 2.1   | 18.4     |  |

| 飛灰 | Ig. loss | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO | SO <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | Cl   | 計     |
|----|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|-----------------|-------------------|------------------|------|-------|
| A  | 9.9      | 15.3             | 9.7                            | 1.5                            | 11.9 | 2.8 | 6.6             | 21.6              | 5.0              | 15.7 | 102.3 |
| B  | 14.5     | 8.4              | 5.3                            | 1.2                            | 45.0 | 2.2 | 4.8             | 3.0               | 2.9              | 14.1 | 103.2 |
| C  | 6.2      | 24.6             | 15.7                           | 1.6                            | 23.0 | 5.6 | 6.8             | 4.9               | 5.0              | 7.2  | 104.5 |
| D  | 6.1      | 12.0             | 7.1                            | 1.5                            | 14.2 | 2.9 | 9.9             | 10.8              | 14.6             | 7.2  | 104.5 |

| 飛灰     | 重金属含有量(mg/kg) |                  |      |      |           | 飛灰単独の重金属溶出量(mg/L) |                  |       |     |          | 溶出液 pH |
|--------|---------------|------------------|------|------|-----------|-------------------|------------------|-------|-----|----------|--------|
|        | Pb            | Cr <sup>6+</sup> | Cd   | As   | Hg(ug/kg) | Pb                | Cr <sup>6+</sup> | Cd    | As  | Hg(ug/L) |        |
| A      | 3000          | 11.3             | 40.9 | 13.7 | 1800      | 0.42              | 0.37             | ND    | 0.4 | 1.9      | 11.8   |
| B      | 2100          | 0.29             | 57.9 | 9.9  | 1630      | 24.5              | 0.59             | ND    | ND  | 2.86     | 12.3   |
| C      | 1900          | 2.4              | 140  | 23.4 | 438       | 3.18              | 0.36             | ND    | ND  | 0.54     | 12.3   |
| D      | 3000          | 4.1              | 77.1 | 22.8 | 603       | 0.1               | 0.49             | 0.088 | ND  | 1.47     | 10.5   |
| 埋立判定基準 |               |                  |      |      |           | 0.3               | 1.5              | 0.3   | 0.3 | 5        |        |



要とされる。

表4<sup>7)</sup>は、4種類の焼却炉から発生する集塵灰の性状・化学組成、重金属含有量、重金属溶出量をまとめたものである。こうした集塵灰の性状は、炉形式（ストーカ炉、流動床炉）、排ガス処理形式（湿式・乾式）、集塵方式（電気集塵機、バグフィルタ）によって大きく変動するといわれているが、低沸点金属である鉛（Pb）、カドミウム（Cd）、水銀（Hg）を多量に含む点は共通している。

一方、図5は既往の文献を元に焼却残渣（焼却灰と集塵灰）の重金属含有量を金属ごとに比較したものであるが、

亜鉛、鉛、カドミウム、水銀が集塵灰に2～3桁多く含有されることがわかる。このように、集塵灰中には、環境中に放出された場合人体に深刻な影響を及ぼすと考えられる有害物が多量に含まれている。そのため、安定化・固定化して、適正に管理される必要がある特別管理一般廃棄物として指定されているのである。

焼却飛灰の安定化・固定化のための処理方法は、島岡ら<sup>8)</sup>がまとめた飛灰処理施設数の統計によると表5のとおりである。昭和63年から全施設数209の内、セメント固化を行う施設は170施設で、約80%を占めている。セメント固化処理が飛灰処理の主体を占めているのは、次のような利点を有するからであると言われている。

- ・比較的安価で、材料入手が容易であり、且つ維持費が低コストである
  - ・水硬性を有し、水分を含む固化対象物にも適用が可能である
  - ・設備が簡単で、操作も容易である
  - ・可溶化した重金属の移動が低速度に抑制できる。
- 一方で、以下の2点が欠点であると指摘されている。
- ・容積が大きく、容量を逼迫する
  - ・酸性化により劣化する

#### 4.3 セメント固化の方法

一般に焼却飛灰をセメント固化する場合、普通ポルトランドセメントが使用され、飛灰に対するセメントの混合比は10～30%であるが、飛灰の重金属含有量・アルカリ成分の量に応じて配合比、セメントの種類は様々に変更され、重金属の溶出を最小化するための最適な配合・条件が採用される。

#### 4.4 セメント固化による重金属の抑制能力

セメント固化の目的は、重金属の溶出の抑制である。従って、固化によって溶出量が減少するか否かが重要な評価指標となる。溶出量は溶出試験によって評価されるが、我が国で採用される溶出試験法は、埋立物の有害性の判定基準に用いられる環境庁告示13号法である。本試験は、試

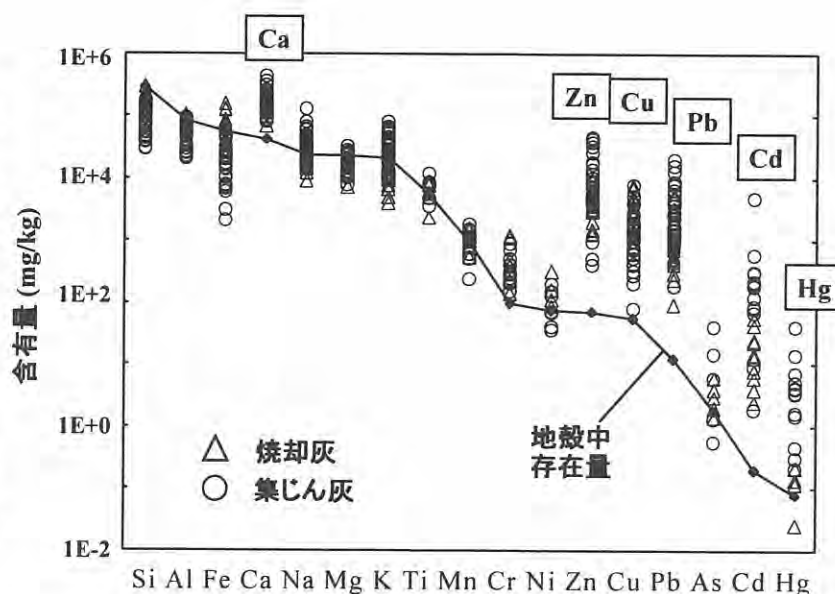


図5 焼却残渣の金属含有量

表5 飛灰処理施設の数

| 年度     | 溶融固<br>化処理 | セメン<br>ト固化 | 薬剤処<br>理 | 酸抽出処<br>理 | 排ガス<br>中間処 | 合計  |
|--------|------------|------------|----------|-----------|------------|-----|
| S63以前  | 1          | 65         | 1        | 9         | 7          | 83  |
| H1年度   | 0          | 11         | 1        | 0         | 0          | 12  |
| H2年度   | 0          | 10         | 2        | 0         | 2          | 14  |
| H3年度   | 0          | 14         | 0        | 0         | 2          | 16  |
| H4年度   | 0          | 17         | 1        | 0         | 0          | 18  |
| H5年度   | 0          | 6          | 0        | 0         | 0          | 6   |
| H6年度   | 1          | 22         | 4        | 0         | 1          | 28  |
| H7年度   | 0          | 17         | 3        | 0         | 0          | 20  |
| H8年度以降 | 0          | 8          | 3        | 0         | 1          | 12  |
| 合計     | 2          | 170        | 15       | 9         | 13         | 209 |



料を 5mm 以下に粉碎し、蒸留水と固液比 1:10 で試料を混合後、6 時間振とうし、溶出液を濾過して分析する。

例として、この溶出試験によって下田<sup>9)</sup>により測定された焼却飛灰セメント固化物からの重金属溶出量を図 6 に示す。この試験結果は普通ポルトランドセメントを使用し、水/灰=0.5、セメント/灰=1, 5, 10, 15, 20 に変化させて固化した試料の結果を示している。セメントを全く混合しない場合が各金属の溶出濃度が最も高く、セメントの混合比を増大させることで、溶出濃度は最大約 1 桁低下している。しかしながら、鉛 (Pb)、カドミウム (Cd) の基準値 0.3mg/l と比較すると、カドミウムは基準値をクリアするが、鉛はセメントの混合比を 20% まで上げてても基準値を大きく上回っている。一般に、セメント固化において、Cd、Hg、Cr6+等は基準値をクリアと言われているが、鉛の溶出挙動を抑制することは難しいと言われている。

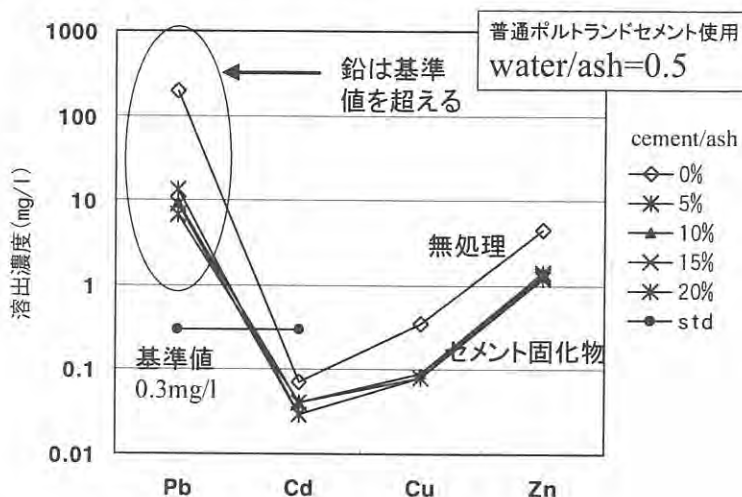


図 6 焼却飛灰セメント固化物の溶出特性

#### 4.5 焼却飛灰のセメント固化における問題点及び対策

焼却飛灰の安定化・固定化のためのセメント固化について現状の問題点と対応策について、以下に列挙する。

現状の問題点は、

- ・普通ポルトランドセメントの使用では鉛 (Pb) の溶出の抑制に限界がある。
  - ・高アルカリ飛灰ほど、溶出量が多い傾向にある。
  - ・酸性化[(1)埋立地内の条件として (有機物分解に伴う有機酸生成), (2)酸性雨, 炭酸ガス中和など]により、中性化が進み、溶出が促進する可能性が危惧される。
  - ・現状において長期的な信頼性を確保できていない。
- こうした問題に対する対策として以下のことが検討されている。
- ・特殊セメントの使用 (高アルカリ飛灰にはアルミナセメントを用いる)
  - ・より強固な固定化の為に、他の固定剤との併用する
  - ・酸性化の影響を回避するには埋立地底部への埋立を回避し、有機酸と接触する機会を防ぐ

#### 5. 廃棄物・廃棄物処理物の有効利用先としてのコンクリート

本節では、3 節で③として取り上げた廃棄物のコンクリート骨材として利用に関して記述する。

現在、廃棄物や廃棄物処理物で有効利用先としてコンクリートが想定されているものには以下のようなものがある。

一般廃棄物

- 都市ごみ焼却灰溶融スラグ (骨材)
- 下水汚泥溶融スラグ (骨材)
- 焼却灰エコセメント (セメント原料)
- 飛灰焼成物

産業廃棄物

- 建設汚泥溶融スラグ (骨材)
- 建設泥土→焼成→人工軽量骨材
- ベントナイト泥水→焼成

以下では、都市ごみ溶融スラグの土木資材としての有効利用について現状、研究の動向、課題等

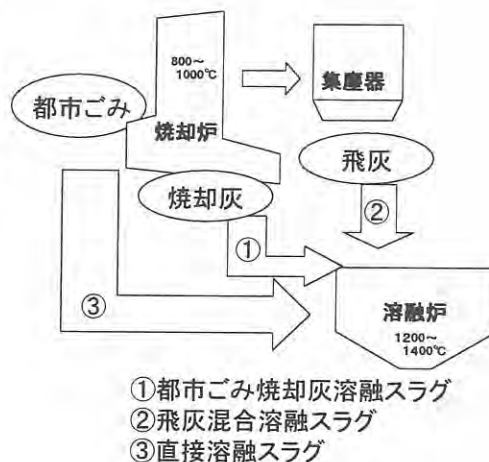


図 7 都市ごみ溶融スラグの種類

を整理する。

### 5.1 都市ごみ溶融スラグの種類、性状

都市ごみ溶融スラグとは、図7に示すように、一般的には焼却炉から排出される焼却灰を1200～1400℃で加熱して生成されるもので、溶融対象物として、焼却灰のみの場合に①都市ごみ焼却灰溶融スラグ、飛灰を混合した場合に②飛灰混合溶融スラグ、焼却炉を経由せずに廃棄物を直接溶融炉に投入して生成するスラグの場合に③直接溶融スラグと称される。焼却灰を溶融処理する目的は、減容化・減量化、安定化、ダイオキシン等の分解であるとされる。今日の一般廃棄物最終処分物の主体は焼却処理後の焼却残渣であるが、焼却残渣中には、依然として未燃物が含まれるほか、ダイオキシン類等の有機化合物が存在しており、高温での溶融処理により、完全な分解が実現されるといわれている。また、焼却残渣中の有害重金属の内、低沸点の金属類は溶融飛灰へと移行

するために、より純度の高い形で、金属を分離できる。一方、高沸点金属はスラグ中に残存するものの、珪酸塩構造の中に固定されるために安定化し、溶出リスクを低減できる。量的には、焼却灰から、溶融スラグとなることで、約50～70%の容量削減が見込める

溶融方式



図8 溶融形式の分類

表6 スラグの冷却方式による性状の変化

スラグの冷却方法と特徴

| 冷却方法 | 呼び名    | 冷却内容          | スラグの特徴      |
|------|--------|---------------|-------------|
| 急冷   | 直接水冷   | 水砕スラグ         | 水に接触・浸漬     |
|      | 間接水冷   | 水冷スラグ         | 熱媒体に水など、熱交換 |
| 徐冷   | 直接空冷   | 空冷スラグ         | 大気中に放置      |
|      | 保冷     | 保冷スラグ         | 温度制御や放熱抑制   |
| 特殊冷却 | 特殊スラグ  | 風砕、発泡で瞬時冷却    |             |
| 再加熱  | 結晶化スラグ | 900-1000℃に再加熱 |             |

表7 スラグの化学組成

| 溶融方法                           | プラズマ  | 電気抵抗  | コークスベッド | 表面溶融  | 表面溶融    |
|--------------------------------|-------|-------|---------|-------|---------|
| 原料                             | 焼却灰   | 焼却灰   | 焼却灰＋不燃物 | 焼却灰   | 焼却灰＋不燃物 |
| SiO <sub>2</sub>               | 33.60 | 48.10 | 35.70   | 35.90 | 48.70   |
| CaO                            | 32.40 | 19.10 | 35.40   | 31.80 | 17.20   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17.10 | 18.60 | 11.80   | 15.50 | 13.60   |
| T-Fe                           | 4.00  | 0.73  | 7.47    | 2.75  | 7.59    |
| Na <sub>2</sub> O              | 1.80  | 4.00  | 3.44    | 2.67  | 6.10    |
| K <sub>2</sub> O               | 0.26  | 2.80  | 0.68    | 0.66  | 1.39    |
| MgO                            | 3.28  | 3.55  | 1.57    | 3.74  | 2.28    |

(単位%)

(5, 6-9, 北九州市による)

表8 スラグの溶出特性

スラグの溶出試験結果

| 項目     | pH3    | pH7    | pH11   | 検出限界   | 規制値      |
|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Cd     | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 0.01   | 0.3mg/l  |
| Pb     | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 0.1    | 0.3mg/l  |
| T-Hg   | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 0.0005 | 0.05mg/l |
| Alk-Hg | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 0.0005 |          |
| CN     | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 0.1    | 1mg/l    |
| Cr6+   | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 0.05   | 1.5mg/l  |
| As     | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 0.005  | 1.5mg/l  |
| Org-P  | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 検出限界以下 | 0.01   | 1mg/l    |

表面溶融炉溶融スラグを対象

(焼却灰・ばいじんの高度処理技術, NTS)

ことが報告されている<sup>10)</sup>。

スラグの化学・物理的性状は溶融炉の形式及びスラグの冷却方式により決定される。溶融方式は図8に示すとおりで、冷却方式によって表6に示すようにスラグ性状が変化する。一般に、冷

却方式として、水砕式を採用した場合にはガラス質となり、空冷で徐々に冷却する場合には結晶質となる。

化学的な性状は、表7<sup>11)</sup>、表8<sup>12)</sup>に示すとおりであり、珪酸塩4面体が基礎骨格をなす主要構成成分である。溶出試験の結果はいずれもすべて検出限界以下とされており、重金属類は珪酸塩骨格中に強く保持されていると報告されている。

## 5.2 都市ごみ溶融スラグの土木資材としての利用

化学的な安定性から、都市ごみ溶融スラグ

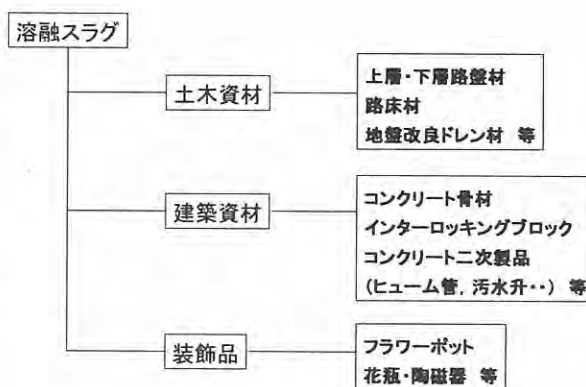


図9 スラグの有効利用先候補

表9 都市ごみ溶融スラグの土木資材としての適正

|                               | コンクリート用細骨材規定値 | 溶融スラグ     |     |     |          |             |             |                    |           |           |            |            |           |      |
|-------------------------------|---------------|-----------|-----|-----|----------|-------------|-------------|--------------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|------|
|                               |               | 道路用骨材の規定値 |     |     |          | アスファルト舗装要項  |             |                    |           |           |            |            |           |      |
|                               |               | 1種        | 下層  | 上層  | 表層<br>基層 | プラズマ<br>焼却灰 | 電気抵抗<br>焼却灰 | コークス<br>ハット<br>焼・不 | 表面<br>焼却灰 | 表面<br>焼・不 | プラズマ<br>空冷 | プラズマ<br>水冷 | 反射式<br>表面 | 旋回流  |
| 表乾比重                          | —             | >2.45     |     |     |          | 2.54        | 2.40        | 2.64               | 2.37      | 2.15      | 2.7        | 2.65       | 2.72      | 2.74 |
| 絶乾比重                          | 2.5以上         |           |     |     |          | 2.50        | 2.35        | 2.63               | 2.30      | 2.07      |            |            |           |      |
| 吸水率(%)                        | 3.5以下         | <3.0      |     |     |          | 0.20        | 0.33        | 0.22               | 1.29      | 1.64      | 0.12       | 0.75       | 3.07      | 0.31 |
| すりへり減量(%)                     | <40           | <35       | <50 | <50 | <30      |             |             |                    |           |           | 30.9       | —          | 40.9      | 33.3 |
| 安定性(%)                        | <12           |           | <20 | <20 | <12      |             |             |                    |           |           | <1.0       | <1.0       | 4.56      | 0.6  |
| 最適含水比(%)                      |               |           |     |     |          |             |             |                    |           |           | 2.8        | 3.6        | 4.3       | 0.9  |
| 単位容積重量<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 1.45以上        |           |     |     |          | 1.60        | 1.72        | 1.61               | 1.45      | 1.45      |            |            |           | 1.91 |
| 実績率                           | —             |           |     |     |          | 63.5        | 71.9        | 61.1               | 62.0      | 68.5      |            |            |           |      |
| 修正CBR(%)                      |               |           | >20 | >80 |          |             |             |                    |           |           | 98.1       | 18.6       | 23.6      | 57   |

を土木資材や建築資材として有効利用することが数多く検討されており、図9には、今日検討されている溶融スラグの有効利用先候補を列記した。

こうした一連の土木資材として利用する場合には、種々の規定値を満足する必要があるが、現在のところ、多くの試験研究機関、及びメーカーにより試験結果が公表されており、表9には文献に報告されているデータ<sup>11,13,14)</sup>を示し、規定値との比較した。規定値を満足しないデータもいくつか散見されるが、利用可能性は高いというのが今日の共通した認識である。

最も期待される有効利用先は、道路用路盤材とコンクリート用細骨材である。図10は、山岸<sup>15)</sup>によるスラグ配合比を変化させたコンクリートの強度試験結果を示したものである。水セメント比0.5、0.45の試験結果が報告されているが、スラグ混入率を増大させるほど強度が低下する傾向にあり、スラグの細骨材置換率が100%になると、約70~80%の強度発現となっている。このようなコンクリート細骨材としてのスラグの利用に関する検討は、現段階では一部のスラグに対して行われているのみであり、スラグの性状によってコンクリートの強度に与える影響は多様である。一般に、水砕スラグのようなガラス質である場合には、スラグ自体の強度が弱いためにコンクリートの強度が低下することから、徐冷するなどして結晶化させ、改質を図ることが必要であるといわれている。また、一般砂との混合使用や、高強度を要求されない二次製品としての利用が現実的な方策と考えられている。

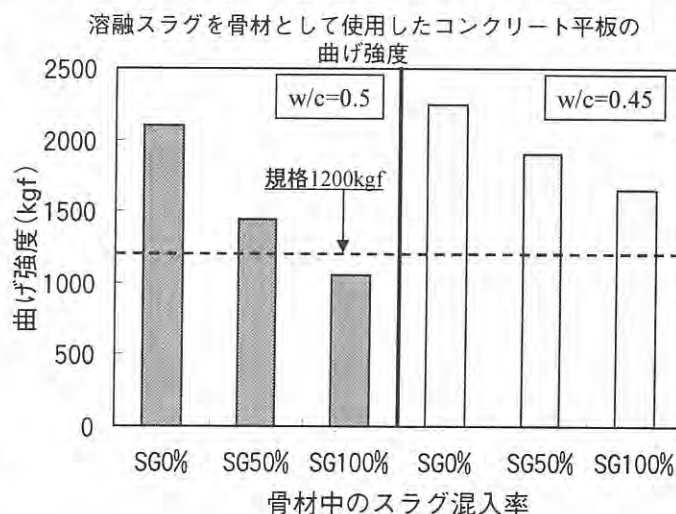


図10 溶融スラグを細骨材として使用したコンクリートの強度



る。

### 5.3 廃棄物溶融スラグの有効利用に関する課題

一般廃棄物焼却残渣の溶融処理は、処理物の安全性や有効利用が見込めることから、今後の廃棄物処理において有力な手段と期待されている。しかし、建設、及び維持管理に膨大なコストを必要とすることや、エネルギーを大量に消費するという欠点もある。しかし、埋立地の残余容量が逼迫している現在、溶融処理が普及し都市ごみ溶融スラグが資源として利用されていく可能性は極めて高い。しかしながら、現在のところ、その利用に関しての評価、検討はまだ不十分な段階にある。一般環境中で利用されることは、大量のスラグが環境中に放出されることとなることから、そのリスク評価に関しては極めて慎重な検討が必要である。今後、多様な立場からの様々な検討が行われ、信頼性のあるデータを蓄積し、評価を行っていくとともに、行政等によるスラグの利用に関する規格整備が必要である。

### 6. おわりに

昨今の廃棄物処分技術には、従来型の単純な埋立処分からの大きな転換が迫られていることが確認できた。その流れは、資源が自然環境から都市社会に持ち込まれたならば、その価値を徹底的に利用し尽くすというものであり、熱処理によるエネルギー変換・処理残渣の都市環境内での有効利用はその代表的な例といえよう。これまでの直接埋立処分は、まだ利用価値のある資源、換言すれば環境汚染リスクを有する資源を自然環境へ戻すプロセスであったといえ、それが種々の問題を引き起こす原因でもあった。資源の有するポテンシャルを最大限に引き出すことは、最終的に残るものが極めて低い活性を持つということを意味し、各国の廃棄物対策はその方向性を目指して構想されていると考えてよい。最終的に何らかの形態で廃棄物を自然環境に戻す必要も生ずるが、前段の徹底した処理によって埋立対象廃棄物量を極力抑制することも可能となり、また現時点で十分な処理・有効利用技術等が整備されていない廃棄物に対しては極めて厳重な管理で負の影響を低減するという対策が講じらようとしている。

以上より廃棄物処分技術として、○廃棄物を資源として何らかの形態で利用し、○処理物が極めて安定で有効利用を図れ、○埋立処分対象を極力低減でき、○埋立対象物の環境負荷が小さいといった要求に応えることのできる技術が今後必要とされるのではないだろうか。

### 参考文献

- [1] 福永勲：欧州における都市ごみ処理技術の動向，廃棄物学会誌，vol.9，No.7，pp.487-495，1998
- [2] 酒井伸一：一般廃棄物対策の世界的動向－政策と技術的側面から－，産業と環境，5，1995
- [3] Engenio de Fraja Frangipane：MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT IN EUROPEAN METROPOLITAN AREAS -AN INTEGRATED APPROACH，ISWA YEAR BOOK，pp.16-28，1998/9
- [4] 酒井伸一：このままだと「20年後のゴミ」はこうなる，カタログハウス，20年後シリーズ，No.10
- [5] 安田憲二：ごみ処理の広域化に向けて，廃棄物学会誌，Vol.9，No.7，pp.462-469，1998
- [6] 谷川 昇：新処理技術の展開，廃棄物学会誌，Vol.9，No.7，pp.470-486，1998
- [7] 藤田晃太郎他；セメント系材料により固化した都市ごみ焼却飛灰からの鉛の溶出傾向，第6回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.438-440，1995
- [8] 島岡隆行 他；セメント固化による安定化飛灰の埋立処分特性，廃棄物学会誌，Vol.5，No.1，pp.32-45，1994
- [9] 下田興道；セメント系重金属固化材によるごみ焼却灰処理システム，焼却灰，ばいじんの高度処理技術，NTS
- [10] 原 雄他；焼却灰等溶融スラグの資源化について，第7回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.491-493，1996
- [11] 山崎敏隆他；焼却残渣溶融スラグの建設資材への利用について，第5回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.207-209，1994
- [12] 中西 亨；表面溶融炉，焼却灰，ばいじんの高度処理技術，NTS
- [13][14] 廃棄物の処理，再資源化と有効利用Ⅰ，Ⅱ，工業技術会
- [15] 山岸一雄；電気抵抗式溶融炉による都市ごみ焼却灰溶融技術，焼却灰，ばいじんの高度処理技術，NTS



第 2 部-V-2

## V-2 最終処分場の設計事例

### (1) 最終処分場の種類

最終処分場の種類は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令第7条第14号において、埋立対象物に応じて次の3タイプに区分されている。

- ① 遮断型処分場 : 有害な燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さいなどを埋立処分するものをいう。
- ② 安定型処分場 : 廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず及び陶磁器くず、がれき類、環境庁長官及び厚生大臣が指定する産業廃棄物を埋立処分するものをいう。
- ③ 管理型処分場 : 廃油（タールピッチ類に限る。）、紙くず、木くず、繊維くず、動植物性残渣、動物のふん尿、動物の死体及び無害な燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さいなどを埋立処分するものをいう。

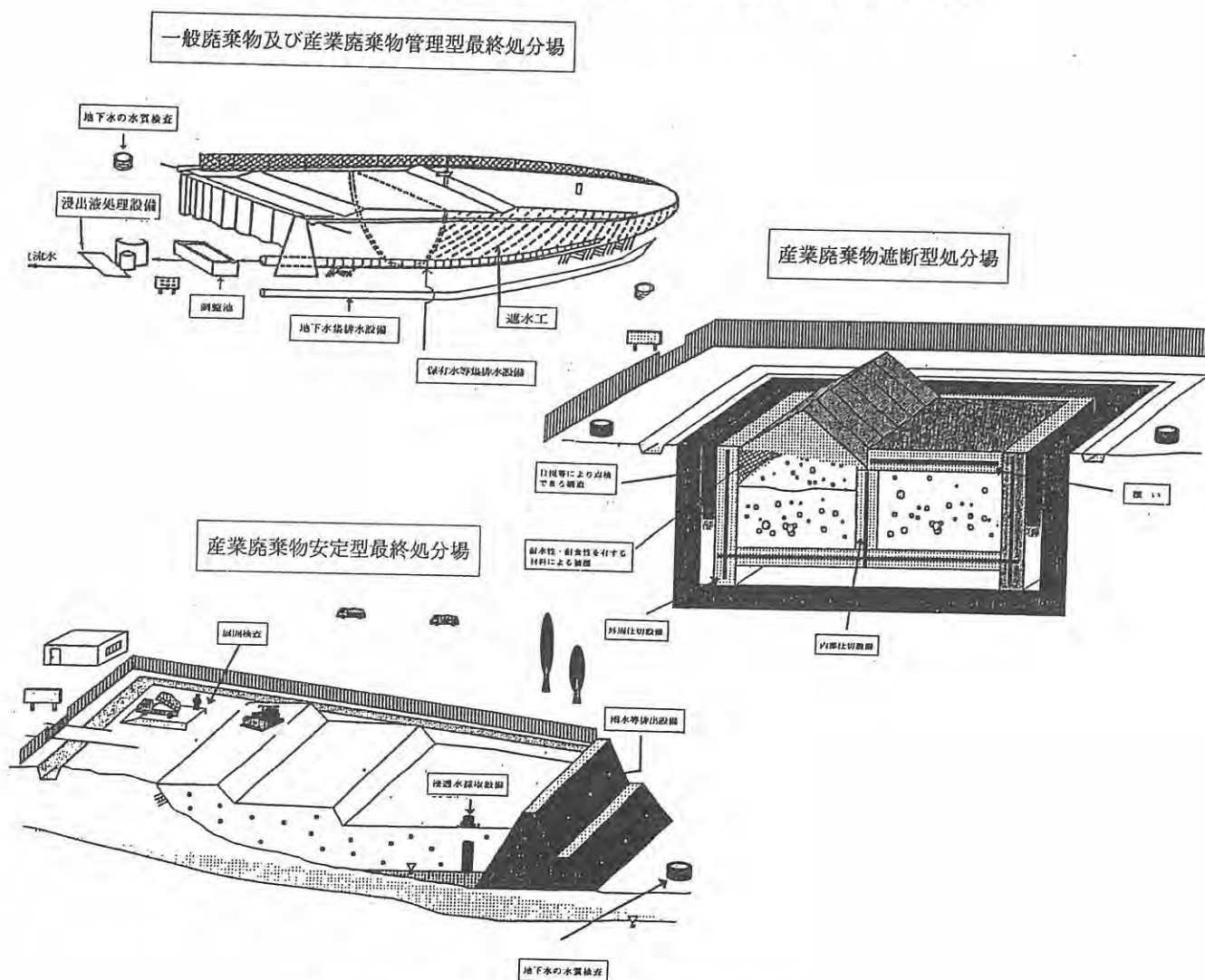


図 V-2-1 最終処分場種類別概念図 [1]

## (2) 最終処分場の構造基準

最終処分場の設置にあたっては、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」に従い、設計、施工、維持管理などを行う必要がある。

表V-2-1は、最終処分場の構造基準と3タイプの処分場への基準の適用を示したものである。

表V-2-1 最終処分場の構造基準<sup>[1]</sup>

○従来より適用、◎平成10年度改正により適用、×適用なし

| 基準の内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 産業廃棄物最終処分場 |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----|----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 安定         | 管理 | 遮断 |
| 1) 埋立地の周囲には、みだりに人が立ち入るのを防止することができる囲いが設けられていること。<br>(閉鎖された埋立地を埋め立て処分以外の用に供する場合においては、埋立地の範囲を明らかにすることができる囲い、杭その他の設備を設ける)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ○          | ○  | ○  |
| 2) 入口の見やすい箇所に、最終処分場（遮断型最終処分場については有害な特別管理産業廃棄物又は有害な産業廃棄物の最終処分場）であることを表示する立札その他の設備が設けられていること。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ◎          | ◎  | ×  |
| 3) 地盤の滑りを防止し、又は最終処分場に設けられる設備の沈下を防止する必要がある場合は、適当地盤滑り防止工又は沈下防止工が設けられていること。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ○          | ○  | ◎  |
| 4) 廃棄物の流出防止のための擁壁、堰堤その他の設備であって、次の要件を備えたものが設けられていること。<br>イ. 自重、土圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること。<br>ロ. 廃棄物、地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ○          | ○  | ×  |
| 5) 埋立地からの浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止するための次に掲げる措置が講じられていること。<br>イ. 廃棄物の保有水及び雨水等（保有水等）の埋立地からの浸出水を防止することができる次の要件を備えた遮水工又はこれと同等以上の遮水効力を有する遮水工を設けること。<br>(ただし埋立地の側面又は底面に、不透水性地層（厚さ5m以上、透水係数が100nm/秒（ $=1 \times 10^{-5}$ cm/秒）以下の地層若しくはルジオン値1以下の岩盤又はこれと同等以上の遮水の効力を有する地層）がある部分については、この限りでない。<br>(1) 次のいずれかの要件を備えた遮水層を有すること。<br>(基礎地盤の勾配が50%以上であって、内部水位が達しない部分については、基礎地盤に吹き付けられたモルタルに遮水シート又はゴムアスファルトが敷設されていること。)<br>(イ) 厚さ50cm以上、透水係数が10nm/秒（ $=1 \times 10^{-6}$ cm/秒）以下である粘土等の層に遮水シートが敷設されていること。<br>(ロ) 厚さ5cm以上、透水係数が1nm/秒（ $=1 \times 10^{-7}$ cm/秒）以下であるアスファルト・コンクリートの層に遮水シートが敷設されていること。<br>(ハ) 不織布その他の物の表面に二重の遮水シート（二重の遮水シートの間に車両の走行等の衝撃により双方のシートが同時に損傷することを防止できる不織布その他の物が設けられているものに限る。）敷設されていること。 | ×          | ◎  | ×  |

|                                                                                                                                                               |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| (2) 遮水層の下部に必要な強度を有し、平らな基礎地盤が設けられていること。                                                                                                                        |   |   |   |
| (3) 遮水層の表面に遮光性を有する不織布その他の物が敷設されていること。                                                                                                                         |   |   |   |
| ロ. 埋立地地下全面に、不透水性地層がある場合は次のいずれかの要件を備えた遮水工を設けること。                                                                                                               |   |   |   |
| (1) 薬剤等の注入により、不透水性地層までの地盤のルジオン値が1以下となるまで固化されていること。                                                                                                            |   |   |   |
| (2) 厚さ 50cm 以上、透水係数が 10nm/秒 ( $= 1 \times 10^{-6}$ cm/秒) 以下である連続壁が不透水性地層まで設けられていること。                                                                          |   |   |   |
| (3) 鋼矢板が不透水性地層まで設けられていること。                                                                                                                                    |   |   |   |
| (4) イ(1)から(3)に掲げる要件。                                                                                                                                          |   |   |   |
| ハ. 地下水により遮水工が損傷するおそれがある場合には管渠(かんきょ)その他の地下水集排水設備を設けること。                                                                                                        |   |   |   |
| ニ. 保有水等を有効に集め速やかに排出することができる堅固で耐久力を有する構造の管渠(かんきょ)その他の保有水等集排水設備を設けること。<br>(ただし、雨水が入らないよう必要な措置が講じられる埋立地であって、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる場合については、この限りでない。)             |   |   |   |
| ホ. 保有水等を次の排水基準等に適合させることができる耐水構造の調整池を設けること。                                                                                                                    |   |   |   |
| ヘ. 保有水等を次の排水基準等に適合させることができる浸出液処理設備を設けること。                                                                                                                     |   |   |   |
| ・ 総理府令排水基準(BOD、COD、SSについては、それぞれ 60, 90, 60mg/ℓ 以下と強化)                                                                                                         |   |   |   |
| ・ 維持管理計画上の基準                                                                                                                                                  |   |   |   |
| 6) 埋立地の周囲には、地表水が埋立地の開口部から埋立地へ流入するのを防止できる開渠その他の設備が設けられていること。                                                                                                   | × | ○ | ○ |
| 7) 次の要件を満たす外周仕切設備が設けられていること。                                                                                                                                  | × | × | ◎ |
| (1) 日本工業規格 A1108 (コンクリート圧縮強度試験方法) により測定した一軸圧縮強度が 25N/mm <sup>2</sup> 以上の水密性を有する鉄筋コンクリートで造られ、かつ、その厚さが 35cm 以上であること又はこれと同等以上の遮断の効力を有すること。                       |   |   |   |
| (2) 自重、土圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全な要件を備えていること。                                                                                                                      |   |   |   |
| (3) 埋め立てた廃棄物と接する面が遮水の効力、腐食防止の効力を有する材料で十分に覆われていること。                                                                                                            |   |   |   |
| (4) 地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。                                                                                                                |   |   |   |
| (5) 目視等により点検できる構造であること。                                                                                                                                       |   |   |   |
| 8) 面積 50m <sup>2</sup> 超又は容量 250m <sup>3</sup> 超の埋立地は、7) (1) から(4)までの要件を備えた内部仕切設備により、一区画の面積が概ね 50m <sup>2</sup> 超又は一区画の容量が 250m <sup>3</sup> 超とならないように区画すること。 | × | × | ◎ |
| 9) 擁壁等の安定を保持するため必要と認められる場合には埋立地内の雨水等を排出する設備が設けられていること。                                                                                                        | ◎ | × | × |
| 10) 水質検査を行うための浸透水採取設備が設けられていること。                                                                                                                              | ◎ | × | × |



### (3) 安定型処分場設計事例

公共及び民間の建設事業の円滑な進捗をはかることを目的として、A市が整備した建設残土処分場の設計事例を以下に示す。

#### 1. 計画の概要

##### (1) 整備にあたっての基本的な考え方

処分場の建設に伴う伐開区域を必要最小限に抑え、濁水等の発生量を減少させるなどの防災対策や、当初の工事による樹木の伐採区域を減らすことなどの環境保全対策をはかるため、埋立期間を1期、2期に分割することとし、それに伴い施設整備の工事期間を分割して施工するものである。

##### (2) 計画諸元

|          |                         |                                                         |
|----------|-------------------------|---------------------------------------------------------|
| ① 事業区域   | 1) 事業面積                 | 213,500m <sup>2</sup>                                   |
|          | 2) 施設面積                 | 129,900m <sup>3</sup>                                   |
|          | (内訳)                    |                                                         |
|          | ・埋立地(外周雨水排水路含む)         | 102,800m <sup>2</sup>                                   |
|          | ・雨水調整池(濁水沈殿池含む)         | 11,800m <sup>2</sup>                                    |
|          | ・搬入道路(埋立地まで)            | 15,300m <sup>2</sup>                                    |
| ② 埋立面積   | 85,700m <sup>2</sup>    | (1期: 66,200m <sup>2</sup> 、2期: 19,500m <sup>2</sup> )   |
| ③ 埋立容量   | 1,060,000m <sup>3</sup> | (1期: 620,000m <sup>3</sup> 、2期: 440,000m <sup>3</sup> ) |
| ④ 受入対象物  | 建設残土                    |                                                         |
| ⑤ 埋立予定期間 | 1期: 平成12年度～平成16年度       |                                                         |
|          | 2期: 平成17年度～平成20年度       |                                                         |
| ⑥ 工事期間   | 1期: 平成10年度～平成11年度       |                                                         |
|          | 2期: 平成16年度(予定)          |                                                         |

#### 2. 実施設計の概要

##### (1) 流出防止堰堤

埋立全容量の土砂を安全に貯留し、埋立地外への流出を防止するため流出防止堰堤を設ける。

施設規模: 自立式鋼矢板 H=4.00m～14.50m、L=160.80m、t=13.0mm

押え盛土、上部コンクリート

## (2) 雨水排水設備

埋立地外周流域からの雨水の流入を防止することを目的として埋立地（全区域）外周部に雨水排水路を設け、雨水調整池を経由して放流するものとする。

施設規模：プレキャストコンクリート側溝

右岸：U-300（B）～U-600、L=771m

左岸：U-300（B）～U-600、L=384m

## (3) 防災設備

### ア. 濁水沈殿池

埋立地から流出した濁水を所定の水量まで低下させるため、濁水沈殿池を設置する。

沈殿池の容量は、沈降試験の結果から決定した。

濁水沈殿池の法面は、連結ブロック及びトレーン籠等で保護し、底面は碎石を敷均しとする。

施設規模：法面保護構造

$V=590\text{m}^3$ 、底面 $A=470\text{m}^2$ ・上面 $A=710\text{m}^2$ 、 $H=1.0\text{m}$

### イ. 雨水調整池

開発に伴う流出量の増加による下流域への影響を抑制するため、雨水調整池を設ける。

雨水調整池の設計にあたっては、防災調整池設置基準に基づき容量、構造を決定した。

法面は連結ブロック及びトレーン籠等で保護し、底面は碎石を敷均しとする。

施設規模：法面保護構造

$V=6,300\text{m}^3$ 、底面 $A=1,810\text{m}^2$ ・上面 $A=3,030\text{m}^2$ 、 $H=2.6\text{m}$

## (4) 濁水処理設備

### ア. 濁水集排水渠

埋立地内の降雨を速やかに埋立地外へ排水するために、濁水集排水渠を設ける。集排水渠は軽量かつ耐久性に優れた合成樹脂管とし、管周囲にフィルター材を布設する。また、目詰防止対策として吸出防止材を設置する。

施設規模：幹線  $\phi 150 \sim \phi 450$ 、 $L=1,087\text{m}$

内訳  $\left\{ \begin{array}{l} \text{1期} \quad \phi 150 \sim \phi 450, L=879\text{m} \\ \text{2期} \quad \phi 150 \sim \phi 200, L=208\text{m} \end{array} \right.$

枝線  $\phi 150 \quad L=3,443\text{m}$

内訳  $\left\{ \begin{array}{l} \text{1期} \quad \phi 150, L=2,339\text{m} \\ \text{2期} \quad \phi 150, L=1,104\text{m} \end{array} \right.$

### イ. 吸水人孔

流出防止堰堤上部に吸水人孔を設置し、濁水集排水渠と接続するものとする。吸水人孔の側壁に多数の開孔を設け、濁水の速やかな吸水を行う。また、吸水人孔の上蓋をグレーチングにすることにより、表面水の集水も行わせるものとする。

施設規模：鉄筋コンクリート構造  $1.50\text{m} \times 1.50\text{m} \times 7.70\text{m}$

(5) 搬入設備

埋立地の適正な維持管理と搬入車両の安全な走行を確保するため、搬入道路を設置する。  
既設道路から埋立地までは舗装道路とし、埋立地内は碎石道路とする。

施設規模：舗装道路      1期：W=6.50m、L=436m

2期：W=6.50m、L=97m

碎石道路      1期：W=6.50m、L=422m

(6) 管理設備

濁水沈殿池や雨水調整池等の維持管理のため、管理用道路を設ける。

また、濁水沈殿池及び雨水調整池回りの安全対策として、メッシュフェンスを設置する。

施設規模：舗装道路      W=4.0m、L=105m

メッシュフェンス      H=1.5m、L=395m



図V-2-2 埋立平面図

S=1:2000

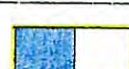
埋立地終点 SP=410.0

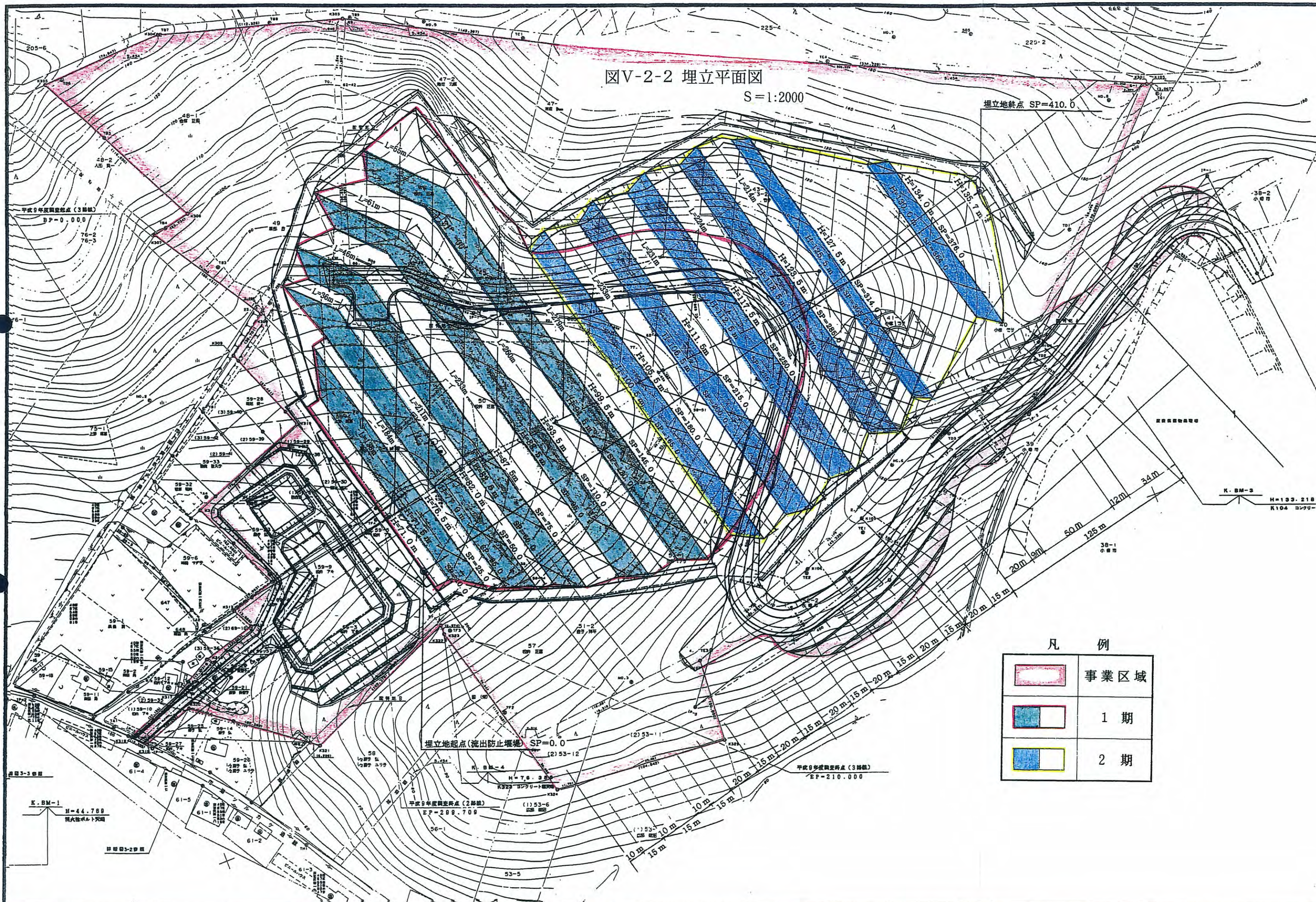
埋立地起点(流出防止堰堤) SP=0.0

平成9年度調査地点(2期目)  
EP=299.709

平成9年度調査地点(3期目)  
EP=210.000

凡 例

|                                                                                       |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
|  | 事業区域 |
|  | 1 期  |
|  | 2 期  |





#### (4) 管理型処分場設計事例

不燃残渣（一般破棄物）主体の埋立地として、B市が建設中（平成12年度完工予定）の管理型処分場の設計事例を以下に示す。

##### 1. 事業の概要

当該地区の地形は、急峻で深い沢地形であることから、最下流部に重力式コンクリート堤を設け、上流側に山間層状埋立を行う。地質は輝緑灰岩の上に砂礫及び礫混じりシルトが堆積しており、透水係数が $10^{-3} \sim 10^{-6}$ オーダーであり、地下水位も非常に高いことから遮水工として遮水シートを布設する。

浸出水の処理システムとしては、埋立地底部に浸出水集排水渠を設け埋立地内の浸出水を速やかに浸出水調整池へ導くものとする。幹線は、 $\phi 400 \sim \phi 250$ 、枝線は $\phi 150$ の有孔管を使用する。

浸出水調整池には導水された浸出水は、下水道投入の水質に合致しているためそのまま下水道放流する。

その他に、雨水排除のための外周雨水排水設備、雨水流出抑制のための雨水調整池、ごみ飛散防止のための飛散防止設備、万一の火災発生の初期消火のための防火設備、ごみの搬入のための搬入設備等を計画している。

##### 2. 施設の概要

- (1) 敷地面積 : 246,000 $\text{m}^2$
- (2) 工事期間 : 平成10年8月27日～平成12年11月30日
- (3) 埋立期間 : 平成13年度～平成28年度

##### 3. 施設能力の概要

###### (1) 処理能力

- ① 埋立期間 25,000 $\text{m}^2$
- ② 埋立容量 168,000 $\text{m}^3$
- ③ 埋立期間 15年間
- ④ 埋立対象物 不燃残渣（収集ごみ）  
不燃残渣（直搬ごみ）  
炉下灰

###### (2) 浸出水処理設備能力

- ① 処理水量 50 $\text{m}^3$ /日
- ② 処理方式 下水道放流

###### (3) 埋立方式

準好気性埋立方式（山間層状埋立）

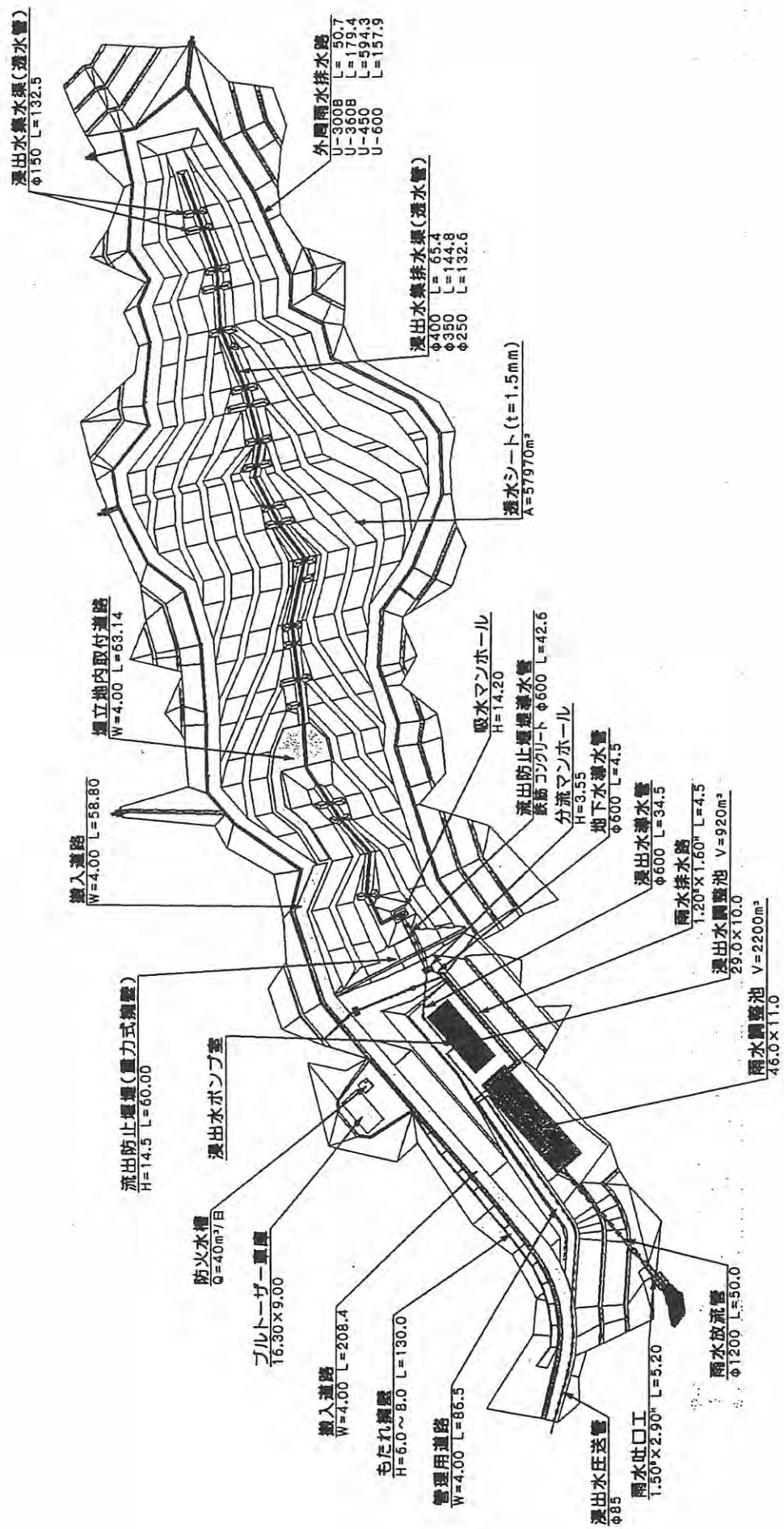
#### 4. 主要施設の概要

| 工 種          | 規 格 ・ 寸 法                                                                                                                            | 目 的                            |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1. 流出防止施設    |                                                                                                                                      |                                |
| 1) 流出防止堰堤    | ・ 重力式ダム<br>H=14.5m<br>L=60.0m                                                                                                        | ・ ごみの浸出水の下流への流出防止              |
| 2. 遮水設備      | ・ 遮水シート<br>t=1.5mm (2重構造)                                                                                                            | ・ 浸出水の公共への流出防止                 |
| 3. 雨水等集排水設備  |                                                                                                                                      |                                |
| 1) 雨水排水路     | U-360(B)~U-600 トラフ<br>L=890m<br>φ600 ヒューム管 L=5.0m                                                                                    | ・ 埋立地内に流入する雨水排除を行い、浸出水量の低減をはかる |
| 2) 地下水集排水    | ・ 切替水路<br>1.20×1.60<br>L=45.0m<br>・ 波付加工管 (有孔)<br>幹線 φ600 L=150m<br>枝線 φ300 L=480m                                                   | ・ 遮水シート底部の湧水を排水し、シートの浮力を防止     |
| 3) 雨水調整池     | V=2,200m <sup>3</sup>                                                                                                                | ・ 埋立造成に伴う流出増分の雨水を調整            |
| 4. 保有水等集排水設備 |                                                                                                                                      |                                |
| 1) 浸出水集排水渠   | 幹線 φ400~φ250 L=343m<br>波付加工管<br>枝線 φ150 L=133m<br>波付加工管                                                                              | ・ 埋立地内の浸出水を集排水し、吸水人孔へ導水する。     |
| 2) 吸水人孔      | ・ R C 構造<br>1500×1500<br>H=14.30m                                                                                                    | ・ 浸出水の集水及び発生ガスの大気拡散            |
| 3) 浸出水導水管    | ・ 遠心力コンクリート管 φ600、2種<br>90° 固定 L=5.0m<br>・ 高密度ポリエチレン管 φ630<br>L=27.50m                                                               | ・ 集水された浸出水を浸出水調整池に導水する。        |
| 5. 浸出液処理設備   |                                                                                                                                      |                                |
| 1) 浸出水ポンプ室   | ・ R C 構造                                                                                                                             | ・ 下水道へ浸出水を圧送する。                |
| 2) 浸出水調整池    | V=920m <sup>3</sup>                                                                                                                  | ・ 流入する浸出水の水量変動を緩和するほか、洪水調整のため。 |
| 6. 防火設備      | ・ R C 構造<br>Q=40m <sup>3</sup>                                                                                                       | ・ 火災発生時の初期消火用水の確保              |
| 7. 飛散防止設備    | H=3.0m<br>L=775m                                                                                                                     | ・ 強風による軽量ごみの飛散を防止する。           |
| 8. 搬入管理設備    | ・ 搬入道路<br>1車線 W=4.0m<br>砂利道 L=270m<br>・ 管理用道路<br>1車線 W=4.0m<br>砂利道 L=85m<br>・ 埋立地内取付道路<br>1車線 W=4.0m<br>砂利道 L=65m<br>・ 門扉<br>H=1.50m | ・ 収集車両の搬入退出路<br><br>・ 浸入防止     |

| 工 種         | 規格・寸法                                                                                                                                                                       | 目 的                                                                        |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 9. 発生ガス対策設備 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法面ガス抜き管</li> <li>・ 波付ガス抜き管<br/>波付加工管 φ150 L=415m<br/>φ250 L=20m</li> <li>・ 縦型ガス抜き管<br/>波付加工管 φ200 L=20m</li> <li>・ ふとん籠</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 埋立廃棄物から発生するガスを大気拡散させる。</li> </ul> |
| 10. 浸出水圧送施設 | 処理水量 50m <sup>3</sup> /日                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調整池より浸出水を圧送する。</li> </ul>         |

参考文献：〔1〕 産業廃棄物処理ハンドブック（平成10年度版）；厚生省生活衛生局水道環境部産業廃棄物対策室編集

図V-2-3 施設平面図





## おわりに

今回のセミナーは、建設行政としての北海道札幌土木現業所と、学術任意団体の北海道土木技術会コンクリート研究委員会とが協力し合い、共通のテーマで共催すると云う、初めての試みでした。多忙な中セミナーに参加した頂いた田中先生はじめ各パネラーの皆様には、不十分な事務局体制により多々ご迷惑をお掛けしましたこととお詫びいたすと共に、改めてお礼を申し上げます。有り難うございました。

また総合的産業廃棄物検討小委員会の各委員の皆様には、忙しい本来業務の合間を縫いいわば半ボランティアとして誠意を持って委員会活動に参加していただきました。今年度は勉強会として7回委員会を開催しましたが、検討課題が多く、時間的にも業務容量的にも厳しく、十分な論議や検討は尽くされたとは言えません。委員会で検討された課題や、セミナーで提起された問題を総花的ではなく、委員会として検討可能な問題に絞り込み、次年度に於いて、より検討を進めたいと思います。

さらに、廃棄物問題が深刻になっている地域を具体的に取り上げ、関係市町村とともに検討を進めることも必要であり、次年度は実施したいと思います。

事務局： 飛内 健雄