

# ダイオキシン類を有する大型煙突解体システムの開発と実施例

半田 雅俊

社会的問題となっている有害物質であるダイオキシン類を有する廃棄物焼却施設の解体工事は、その特殊性から安全で確実な技術の開発が求められている。今回開発した焼却施設解体工法「TO-CSD 工法」の中の大型煙突解体技術である「チムリス煙突解体システム」とその周辺技術の実施例について報告する。このシステムは、昇降式構台、無人化除染・耐火煉瓦解体ロボット、無人化コンクリート解体機械、等で構成されている。

キーワード：ダイオキシン類、清掃工場、焼却施設、煙突、解体、除染、昇降式、無人化、ロボット、IC タグ

## 1. はじめに

埼玉県・所沢市の野菜からダイオキシン類が発見され、テレビで連日放映されるなど、ダイオキシン類は社会的問題となった。平成 11 年「ダイオキシン類対策特別措置法」制定により、基準値以上のダイオキシン類を排出する廃棄物焼却施設は休炉、廃炉となり、その数は 900 炉以上になるといわれている。

このダイオキシン類を有している廃棄物焼却施設の解体は特殊な工事であるため、戸田建設株式会社（以下、当社）では安全に、確実に処分する技術の開発を進めてきた。また、最近の煙突は高さが高く、鋼管煙突が複数束になりそれをコンクリートで保護している内塔式の煙突が多くなってきているが、以前の煙突はほとんどが鉄筋コンクリートで内部を耐火煉瓦で保護されている形式のものであった。

ダイオキシン類が問題になる前は、煙突を引き倒してから小割りに解体する方法もとられていた。しかし、現在ではこのようなダイオキシン類をばらまくような方法は認められないため、当社では鉄筋コンクリート造の 100 m 級の高さの煙突をターゲットとし、安全に確実にダイオキシン類を除去し、解体する工法「チムリス煙突解体工法」を開発した。

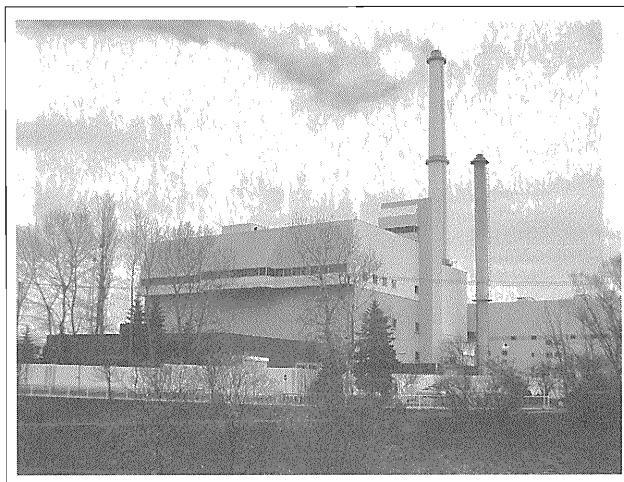
煙突は、通常内部のダイオキシン類濃度が高く、第 3 管理区域での工事となる。そのため、工事は外部に対し囲われた状態とし、また集塵機を使いながら煙突内部を負圧の状態とし、作業員は動きにくい第 3 レベルの保護具を着用して工事を進めなくてはならない。

そのため、作業員が内部に入らずに、工事が進められるように、無人化機械化が必要であった。以下に、煙突の解体技術「チムリス煙突解体システム」を実施例で紹介する。

## 2. 実施例の概要

焼却施設解体工法「TO-CDS 工法（Toda-Clean Dismantling System）」で実際に施工した清掃工場解体工事の概要は以下の通りである。

この清掃工場（写真—1）は、札幌市の一般ごみを処理していた焼却施設であるが、ダイオキシン類特別措置法の新基準に合致しなくなったため、現在では休炉をしていた施設である。これは、基発 401 号施行以来の解体工事としては日本最大規模の清掃工場解体工事である。



写真—1 北海道札幌市の清掃工場の全体写真

- ・場 所：北海道札幌市
- ・発 注 者：札幌市
- ・煙 突 構 造：鉄筋コンクリート造
- ・煙 突 規 模：高さ100m，直径4.5～7.7m
- ・煙突解体期間：平成16年5月～平成17年3月
- ・焼却炉能力：600t/24h

### 3. チムリス煙突解体システム

#### (1) システム概要 (図-1)

煙突解体工事の要素技術としては、以下の四つがある。

- ① 昇降式構台
- ② 無人化除染ロボット
- ③ 無人化煉瓦解体ロボット
- ④ 無人化コンクリート解体機械

#### (2) 昇降式構台

本工法は、煙突頂部を囲い、各種の装置作業をおこなうスペースとしての作業構台（ワークステーション）(図-2、写真-2)を地上近くで組立て、2本の長さ1.8mのマストを地上部で差込んで油圧でジャッキアップさせ、ワークステーション全体を持上げるシステムである。

上昇スピードは10～12m/日で、100mの煙突頂部にセットする場合の上昇期間は、途中で18mピッチのステイの設置や3箇所あるステージの解体などの工

事もあるため、約1カ月かかる。

上昇させたワークステーションは、煙突頂部において固定し、クレーンビームを煙突中央に回転セットした後、クレーンから各種ロボットを吊るした状態で除染工事，耐火煉瓦解体工事，コンクリート面の洗浄作業を行う。これらの作業終了後，鉄筋コンクリート躯体の解体工事をしながら一緒に降りてくる作業となる。

下降作業は，上昇の逆でジャッキダウンをし，1.8mのマストをはずしながら降りてくる。

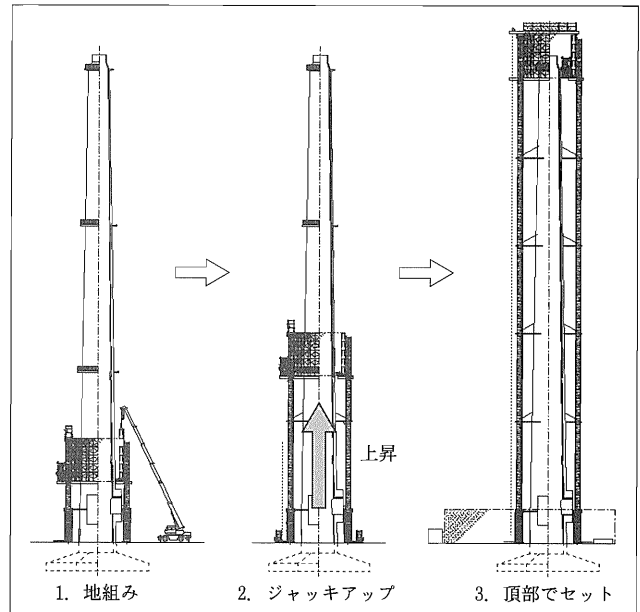


図-2 構台（ワークステーション）上昇手順図

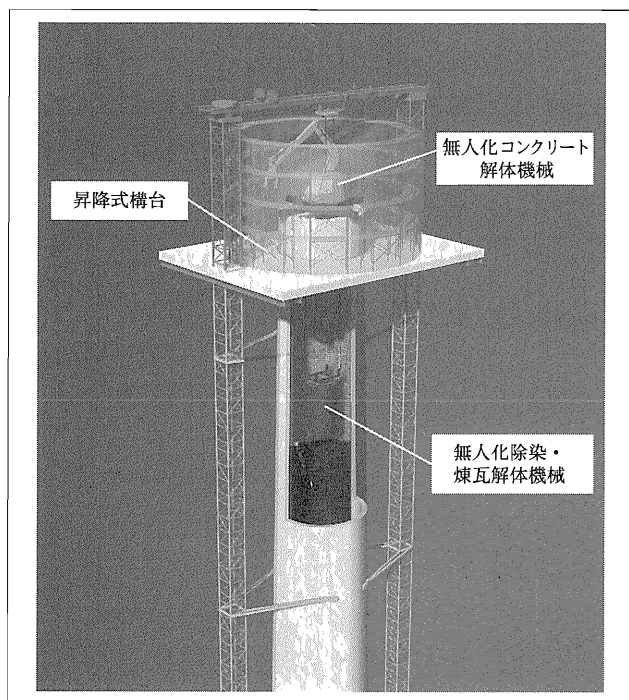


図-1 「チムリス煙突解体システム」の全体説明図

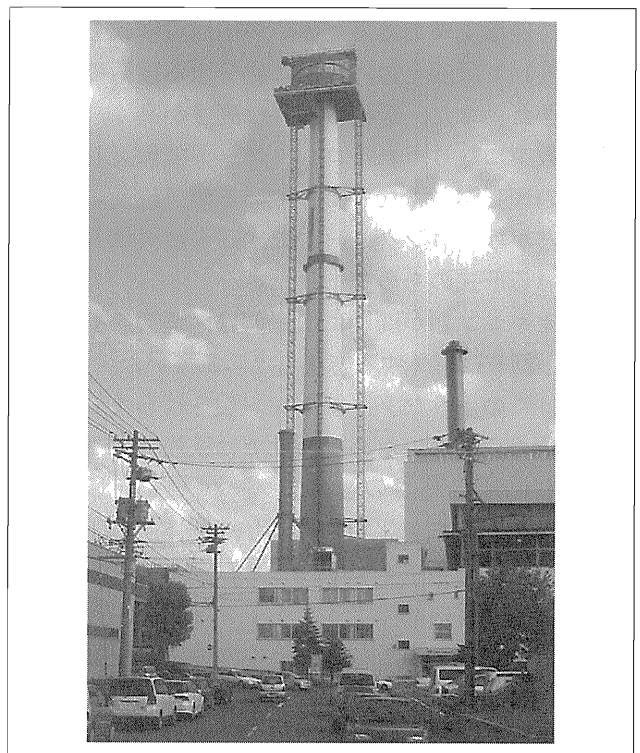


写真-2 昇降式構台全景

### (3) 煙突の除染, 煉瓦解体機械

本機械(図-3)は、内部の耐火煉瓦表面とコンクリート表面に付いたダイオキシン類を高圧水で除染(洗浄)(写真-3)するための無人化機械と、耐火煉瓦を解体(写真-4)する無人化機械がある。これらの機械は一つの本体機械に先端のアタッチメントを替

えることにより使い分けることができる。本機械はワークステーション上のビームから吊るされ、5 m/minのスピードで昇降する(写真-5)。

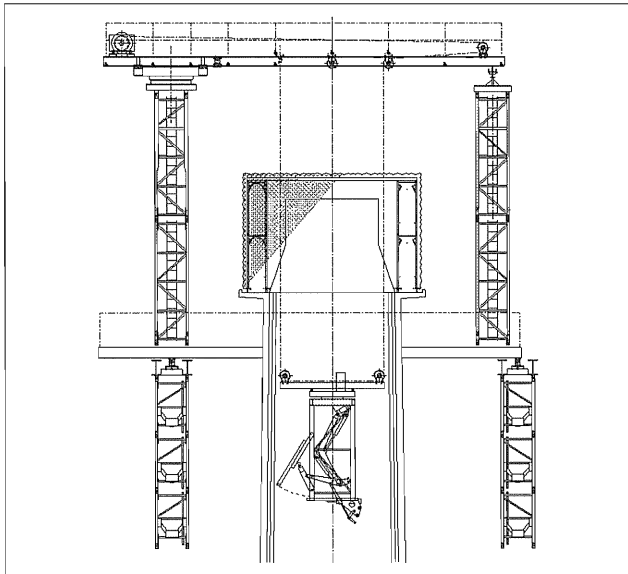


図-3 除染・耐火煉瓦解体ロボット設置図

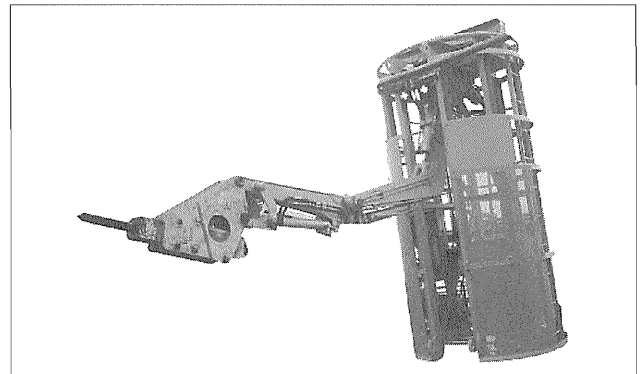


写真-5 除染・煉瓦解体ロボット

特に老朽化した煙突の内部に作業員が入って行う作業は煉瓦の崩壊など危険な面も多い。そのため機械の操作は、機械に取付けたビデオカメラからのモニター画面を見ながら遠隔操作を行った。また煙突には、耐火煉瓦とコンクリートの間に隙間があり、この隙間に煙が入り込み、内部のコンクリート面にも多少ダイオキシン類が付着している可能性がある。そのため、耐火煉瓦解体後に、再度コンクリート表面を除染(洗浄)する。

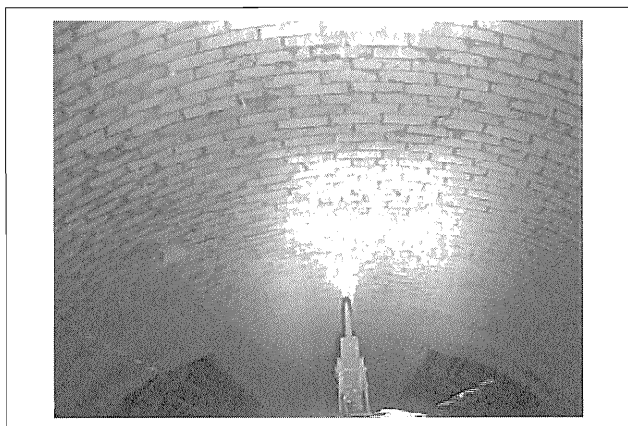


写真-3 耐火煉瓦の除染状況

### (4) 煙突コンクリート躯体の解体

コンクリート躯体の解体工法は、煙突上部にクローラ部をはずした重機(パワーシャベル0.25 m<sup>3</sup>級)を乗せてニブラーで油圧解体を行う(写真-6)。



写真-4 耐火煉瓦の解体状況



写真-6 コンクリート躯体の解体状況

重機は煙突コンクリート躯体に架けた十字の桁に乗せ、上部のウインチからも吊った状態で解体作業を行う。桁下部分の解体は、重機を浮かし、桁を回転させ

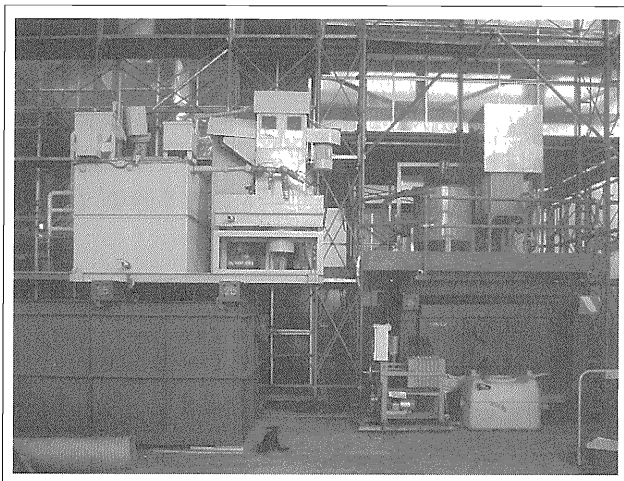
てから行う。

解体コンクリート片の大きさは実験結果から 10 cm × 20 cm × 20 cm 程度の大きさになることが判明していた。この破片は外部に落ちないように内部に落とすことになるが、この落下衝撃音と振動は事前の実験により、問題のないことが確認されていた。

本機械の操作は除染機械と同様にリモコンによる遠隔操作である。ワークステーションはこのコンクリート躯体解体スピードに合わせて降ろし、一番下においてから、一緒に解体する。

#### 4. 排水処理技術

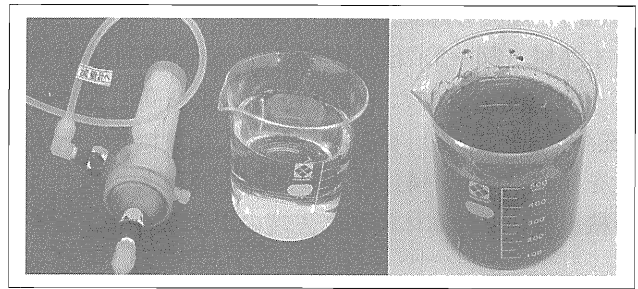
除染水の無害化処理のためには、戸田式凝集沈殿遠心分離機にダイナミック膜濾過と限外濾過膜システムを合わせて、新たに「TO-DXN カットシステム」を開発した（写真一七）。



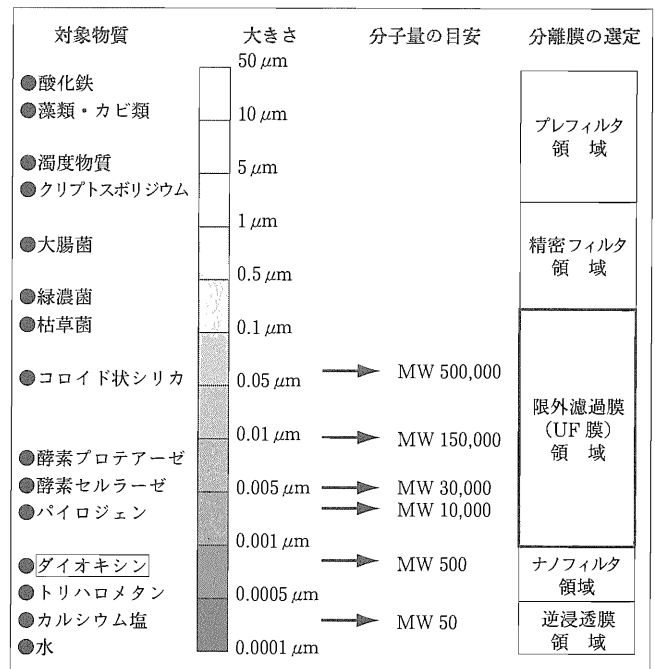
写真一七 TO-DXN カットシステム

本システムは、ダイオキシン類濃度を下水放流基準の 10 pg-TEQ/L の 1/10 である環境基準の 1 pg-TEQ/L 以下をめざしたものである。除染水は浄化したうえで除染工程への循環利用を図り、最終排水量を削減する。排水の再利用には処理能力が 6 m<sup>3</sup>/h と大きな戸田式凝集沈殿遠心分離機を利用する。これにより除染工事用の保管タンクを小さくすることが可能であり、最終的な放流量も少なくすることが可能となる。

限外濾過膜は中空の糸であり、その糸に 0.1 μm 程度の細かい穴が開いているものである。この糸の中を通るとこの 0.1 μm より大きな物質は穴を通ることができない（写真一八）。限外濾過膜は一種のフィルターである（図一四）。水に溶けたダイオキシン類はこの膜よりさらに小さいが、通常ダイオキシン類は灰などの



写真一八（左）限外濾過膜と処理水（右）原水



図一四 分離膜の穴の大きさと物質の大きさの関係

物質に付着しており、除染高圧水によって灰などの物質ごと洗い流されている。ダイオキシン類は元来、水に溶けにくい性質があり、この灰などの SS 分を濾せればそれに付着しているダイオキシン類自身も取れるという原理である。

下水への放流時はダイオキシン類濃度が下水道排水基準以下を水質分析により確認し下水道に放流する。また、排水処理により発生する脱水汚泥ケーキは最後に汚泥無害化装置にかけて、無害化を行う。

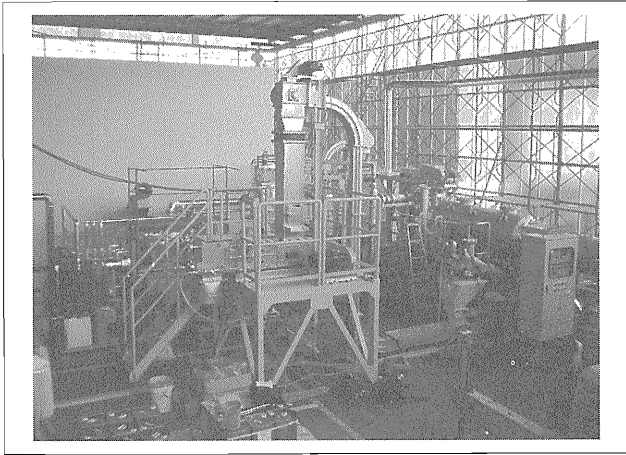
#### 5. 汚泥、残灰の無害化、不溶化

排水処理から出てきた汚泥ケーキ、焼却炉、煙突等プラントに残っていた残灰等はダイオキシン類濃度が高いため埋立て処分場に持っていくためには 3 ng-TEQ/m<sup>3</sup> 以下に濃度を落とさなくてはならない。

外部で処分できる施設があればよいが、受入れてくれる施設は少なく、そこまでの運搬費を考慮すると高い費用がかかる。そこで解体現場で処理できるように

可搬式の無害化プラントが求められていた。

土壌ダイオキシン類の無害化には大きく分けて二つの方法がある。一つは、1,600℃以上の高温で熔融しガラス固化する方法である。二つ目は薬や窒素ガスを加えて400～650℃のキルン（炉）で脱塩素化する方法である。当清掃工場解体工事では、簡易で消費エネルギーが小さな脱塩素法を採用した。現在、敷地内に管理区域を設けた無害化プラント小屋を設け、現在稼働中である（写真—9）。



写真—9 汚泥・残灰無害化プラント

## 6. 安全管理

ダイオキシン類という有毒な物質を扱うために、解体工事を進めるにあたり、以下のような安全管理システムを構築した。

- ① IC タグを使った「管理区域安全管理システム」
- ② ライブ映像管理
- ③ 非常時通信システム

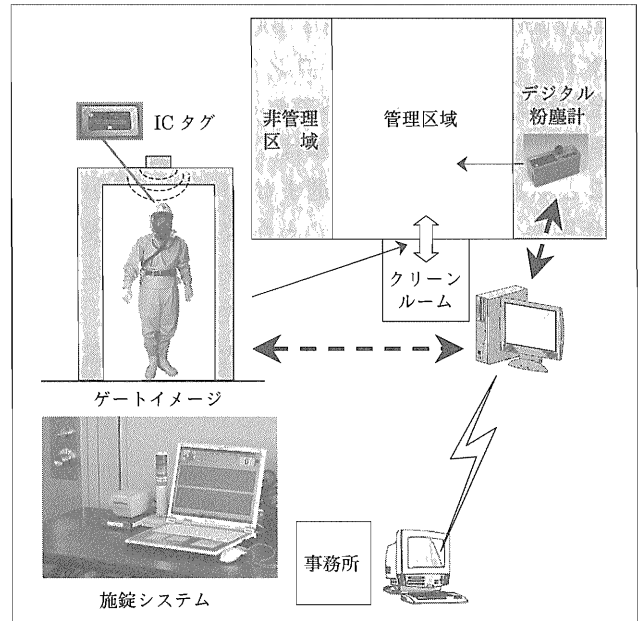
### （1）管理区域安全管理システム（図—5）

ダイオキシン類の外部への飛散防止管理と作業員の安全管理、また部外者の進入禁止対策として、西松建設株式会社と共同開発を行った管理区域への入退場管理システムである。

本システムでは、作業員のヘルメット内部に IC タグを貼り、読取り装置を設置した管理区域への通門ゲートを通して入場する。

この通門ゲートと連動した電気錠により施錠・入退場管理を行う。IC タグは、非接触型の記録装置で約 50 cm 離れたタグデータを読取ることができる。管理区域に入場する作業員は必ずヘルメットを着用するため、このヘルメットの内部に IC タグを埋込んだ。

通常の入退場管理システムは作業員が、通門ゲート



図—5 管理区域安全管理システム概要図

において作業員 IC カード（または磁気カード）をリーダーに読取らせて管理していたが、この管理区域では作業員は保護服で固められているため、カードの取出し作業のような細かい作業ができない。そのため通門ゲートを単にくぐればよい IC タグ方式を採用した。

本管理システムの採用により、事前に登録された特定の作業員のみ入退場管理を行うことができ、外部からの保護服を着用していないような一般の人の入場を阻止することができる。また、管理区域内にデジタル粉塵計を設置し、作業員一人一人の作業時間、平均粉塵濃度の管理、異常時の警報などの安全管理も行うことができる。

### （2）ライブ映像管理

現場内の管理区域は、炉室と煙突の 2 箇所に別々に設定してあり、入るためには保護服を着用しなくてはならないため、気楽に往来できる状態ではない。そのため、事務所内でも管理区域内の作業状態がどのようになっているかをモニタ画面で把握、管理するために本管理システムを導入した。

現場内にカメラを 9 台設置することが可能で、映像をハードディスクに記録することも可能である。また、社内のネットワーク上に乗せることもできたため、遠く離れた東京の本社からもリアルタイムの映像を見ることができる。

## 7. おわりに

本報文で紹介した札幌市の清掃工場解体工事は、焼

却能力 600 t/24 h, 煙突高さ 100 m と日本最大規模の解体工事である。現在は、コンクリートの解体作業が安全に行われているところである。

廃棄物焼却施設の解体工事は、今まで補助金がなかったこともあり、なかなか進まなかった。しかし平成 16 年度から補助金がつくことが決まり、今後は解体工事が進むものと思われる。今後の解体工事に、当社の技術開発がお役に立てれば幸いである。

最後に、技術開発にご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 半田雅俊, 他:「清掃工場における 100 m 級煙突の解体工法の開発と計画」2004 年 8 月 日本建築学会大会論文, p. 935, 講演番号 1455
- 2) 厚生労働省労働基準局化学物質調査課編:「廃棄物焼却施設解体作業マニュアル」, 社団法人日本保安洋品協会

#### 【筆者紹介】

半田 雅俊 (はんだ まさとし)  
戸田建設株式会社  
本社建築本部  
生産技術開発部  
清掃工場解体技術開発プロジェクト  
プロジェクトマネージャ



現場技術者のための

## 建設機械整備用工具ハンドブック

- 建設機械整備用工具約 180 点の用語解説と約 70 点の使い方を収録。
- 建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A 5 判 120 頁

■ 定 価: 会 員 1,050 円 (消費税込), 送料 420 円  
非会員 1,260 円 (消費税込), 送料 420 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289