

IC タグを利用した廃棄物コンテナ管理システムの開発

鈴木 理史 金子 智 弥 浜 田 耕 史
滝 沢 平 一 郎 丹 羽 克 彦
(東京機械工場) (本社情報ネットワーク部)

Development of Waste Container Management System using RFID

Masashi Suzuki Tomoya Kaneko Koji Hamada
Heiichiro Takizawa Katsuhiko Niwa

Abstract

For large-scale projects, a Logistics Center is provided at the construction site to minimize costs for transportation of materials and wastes. This Center supplies standardized waste containers to sub-contractors and workers to optimize the collection and disposal of wastes. Stocktaking of waste containers is one of the most important tasks of Center staff. To support and accelerate their work, the authors have developed a Waste Container Management system using RFID, which is composed of a PC, PDAs(Personal Digital Assistants) and RFID tags. The system supports gathering of information on scattered waste containers and automating publication of bills of waste disposal. Through an experimental application of the system, we found that it could reduce information management tasks and paperwork, and ensure good communication among staff and contractors.

概 要

工事現場での資機材・廃棄物等の物流を効率化するため、物流センターが組織される。物流センターの業務において、特に廃棄物管理は、施工階での一時集積用に設置する 0.6m³のコンテナ(廃棄物コンテナ)が多量になり煩雑を極める。そこで、PC・PDA(Personal Digital Assistant)・IC タグにより構成される、廃棄物コンテナ管理システムを開発した。本システムは、コンテナ状態の随時把握、例外的な使用情報の伝達、工事現場に合わせた書類の自動発行などの機能を持つ。本システムを大規模商業施設の新築工事現場に適用した結果、1)廃棄物情報管理業務の作業工数を約 80%削減、2)帳票の作成ミスなどのヒューマンエラーを撲滅、3)廃棄物コンテナの約 3%に発生する例外的な使用情報の確実な伝達、などの効果を確認した。

1. はじめに

超高層建物等の大規模建築工事において、多くの作業員・資機材および産業廃棄物の移動や揚重が集中するため、それら物流業務の良否が、工事の工程や生産性に大きな影響を与える。そこで、著者らは物流業務の合理化を目指し、様々な取り組みを進めてきた。

大林組では、物流業務を集中管理する専門チーム(以下、物流センター)を、1996年に発足した。物流センターは、専門工事会社が個々に実施していた資機材の搬出入や産業廃棄物の集積業務等を、工事現場全体で集約して合理化する。2009年7月現在までに、全国で60を超える工事現場で機械部門が中心となって物流センターを導入し、大きな効果を挙げてきた¹⁾。この間、物流センターは、車両の搬出入や揚重機の運用状況を効率的に管理する物流管理プログラムやインターネットで揚重機を予約するシステム²⁾などを適用してきた。これらの取

り組みによって、大規模建築工事における揚重機の効率的な運用と建設廃棄物の厳格な分別処理によるゼロエミッション活動³⁾とを同時に実現することが可能となった。

一方、物流センターの業務には、資機材や廃棄物の搬入・搬出・移動・在庫などの情報管理が不可欠であり、これには多大な労力を要する。特に、廃棄物コンテナは設置される数が多い上、分別品目、使用会社名や設置場所の変更など、情報の項目も多いため管理が難しい。

そこで、物流センターにおける管理業務の中から廃棄物の管理に関わる業務を対象として、IC タグを利用した廃棄物コンテナ管理システムを開発した。

本報ではシステムの概要と実務適用の結果を報告する。

2. システムの開発経緯

2.1 廃棄物コンテナ管理の現状

物流センターによる廃棄物管理業務では、工事現場内

での一時集積用に容積 0.6 m³ の網台車型コンテナ（以下、廃棄物コンテナ：Photo 1）を使用している。この廃棄物コンテナに分別品目と貸出先会社名を明記した看板（以下、分別看板）を取付けて専門工事会社に貸出す。物流センターは専門工事会社の依頼により、廃棄物コンテナを工事現場の各階・各所に設置する。

廃棄物コンテナが一杯になった場合や、廃棄物コンテナが不要になった場合には、1階や地下階などに設けられた廃棄物集積ヤード（Photo 2）に回収する。廃棄物集積ヤードの廃棄物が一定量になると、まとめて中間処理業者に引き渡して処理する。

物流センターは、廃棄物コンテナの貸出時、回収時、返却時には所定の書式で手書きの帳票を作成し、専門工事会社の担当者の署名をとって保管していた。同時に、貸し出したコンテナを一覧で管理するための台帳（以下、管理台帳）を作成し、情報を記入していた。

従来の廃棄物管理業務の流れを Fig. 1 に示す。

2.2 廃棄物コンテナ管理の問題点

廃棄物の分別回収を行うためには、廃棄物コンテナが常に利用可能な状態でなければならない。廃棄したい品目のコンテナが一杯になっていたり、近辺に用意されていない場合などには、他の品目のコンテナに投棄され混合廃棄物として排出されることもある。

また、専門工事会社は、利用した廃棄物コンテナのレンタル料、物流費などの廃棄物管理費用を支払うため、記録の正確性も重要である。このため、Fig. 1 に示したような多くの種類の書類によって履歴を残している。

さらに、廃棄物の分別品目の種類や内容などが、工事現場の条件（規模、用途、構造種別等）によって異なる。また、「木くず」として分別しても、処分する中間処理工場によっては受け入れ条件（釘や塗料の有無など）が異なるため、分別のレベルも異なる。したがって、現状の管理方法では、以下のような問題点があった。

- 1) コンテナの状態を即時に把握できない。
- 2) 膨大な書類を扱うなど管理業務に手間がかかる。
- 3) 工事現場ごとに廃棄物管理の状況が異なる。

1) については、コンテナの状態の記録を管理台帳に記録しているが、専門工事会社からの廃棄物コンテナの在庫状況や設置位置の問い合わせに迅速に対応できない、不要な廃棄物コンテナが長期間放置されるといった状態が時々発生していた。

2) については、書類の作成に労力がかかるばかりでなく、fig. 1 の No. 18, 19 に示したように、物流センターが扱った廃棄物の実績データを既存の物流管理プログラムへ入力する作業が再度必要となる。書類の作成や情報の入力の際には書き間違いなどのヒューマンエラーが発生することも少なくない。

これらの問題点を改善するために、廃棄物コンテナの情報を電子化して業務を合理化する必要性は認識されていた。しかし、3) に示したように工事現場ごとに看板



Photo 1 廃棄物コンテナと分別看板
Waste Container with Separation Sign



Photo 2 廃棄物集積ヤード
Zero Emission Station

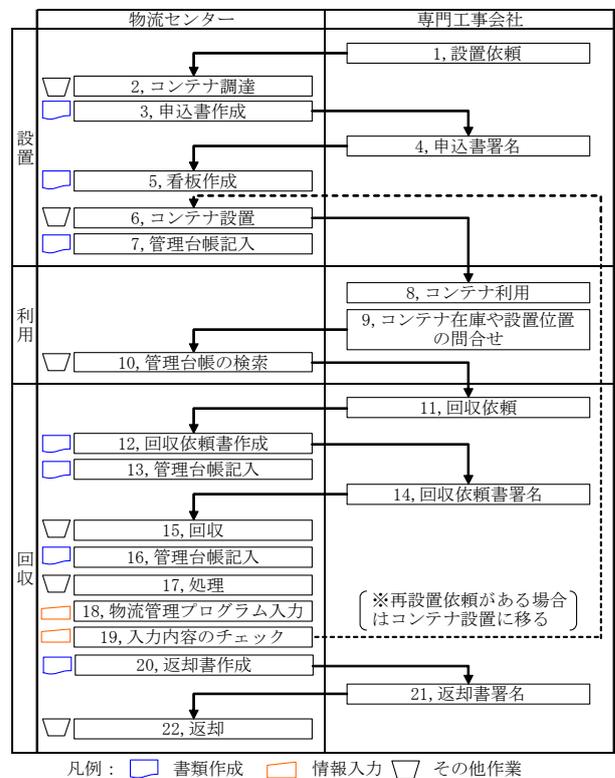


Fig. 1 従来の廃棄物管理業務フロー
Flow Chart of Conventional Method

や帳票の形式が異なるので標準化しづらかった。さらに、分別看板の品目や会社名と実際の廃棄物に相違がある場合には、看板にメモ書きをして対応していた。少量の廃棄物や詰め込みすぎによる容量過多といった数量の増減についても同様だった。これらのメモ書きによる例外的な処理の情報（以下、例外情報）への対応が難しく、システム化することができなかった。

2.3 システム開発のねらい

廃棄物管理業務の迅速化、省力化、ヒューマンエラーの撲滅を目的として、IC タグを利用した廃棄物コンテナ管理システムを開発した。開発するシステムに要求される主要な機能は以下の3点である。

- 1) コンテナ状態の随時把握機能
- 2) 例外情報の伝達機能
- 3) 書類の自動作成とカスタマイズ機能

1)については、廃棄物コンテナに与えたIC タグの固有ID をキーにしてコンテナの最新の状態（管理業務フロー上の状態や設置した階の情報など）が把握できる。これにより、その日に実施すべき廃棄物コンテナの管理業務が明確になり、迅速な移動や回収が可能となる。

2)では、IC タグの書込み機能を用いて、分別看板に例外情報を持たせる。これによって、各階や集積ヤードに分散している複数の物流センター作業員の間で、分別看板を介して例外情報を伝達できる。この機能により、無線 LAN やインターネットのような構築コストのかかる情報網を必要としないで、リアルタイムに近い状態で情報が共有できる。

3)は、分別看板や専門工事会社と取交す帳票を自動作成し、書類作成業務を軽減する機能である。書類作成は表計算ソフトをシステムで制御し、Fig. 2 のような雛形ファイルに必要な情報を追記して行う。雛形ファイルを編集するだけで、システムを適用する現場に応じて分別看板や帳票のデザインを簡単にカスタマイズできる。

3. システムの概要

3.1 システムの構成

Fig. 3 は、今回開発した廃棄物コンテナ管理システム（以下、本システム）の範囲、ハードウェアやソフトウェアの構成と利用場所をあわせて示している。

ハードウェア構成は、物流センター事務所に設置した1台のPC（以下、管理用PC）、携帯用の複数台のPDA および分別看板に添付されたIC タグである。

本システムで用いたIC タグは、工事現場での利用実績があり⁴⁾、電池が不要で比較的安価なものである。その仕様をTable 1に示す。IC タグは、看板番号部分の裏面に封入し、ラミネート加工した(Photo 3)。PDA のR/W はCF カード端子により装着するタイプ（以下、CF カードタイプ）であり、最大通信距離はIC タグとR/W が平行な最適状態で約30mmである。

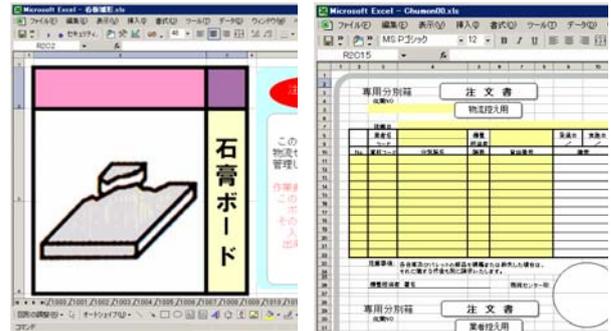


Fig. 2 分別看板雛型と帳票雛型
Design Template of Separation Sign and Ledger Sheet

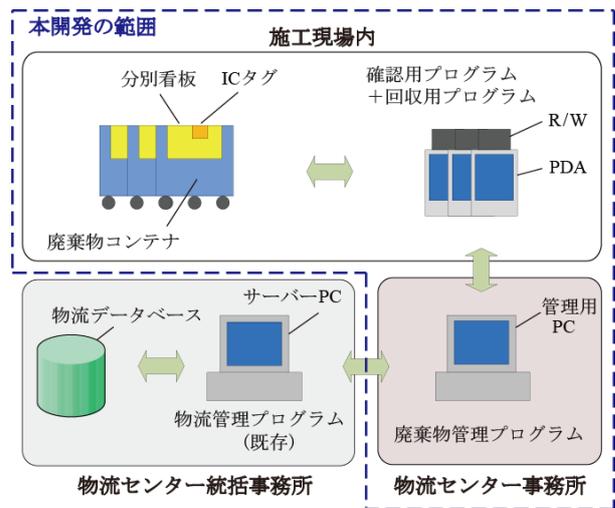


Fig. 3 システムの構成
Configuration of the System

Table 1 使用したIC タグの仕様
Specifications of RFID Tags

周波数帯	規格	容量	サイズ
13.56MHz	ISO15693	128byte	75mm×45mm



Photo 3 IC タグを付与した分別看板の読み取り
Separation Sign with RFID tag

PDA は物流センター作業員が携帯し、工事現場内の廃棄物コンテナの状態を確認・記録するために用いる。PDA で収集した情報は、一日一回終業後にメモリーカードで管理用 PC に受け渡す。管理用 PC は、管理者が廃棄物コンテナの在庫管理に利用するほか、仮設資材や廃棄物などの物流全体を管理する既存のシステム（以下、物流管理システム）へのデータ送信などの役割も担う。物流管理システムは、協力会社に対する廃棄物の物流費やコンテナのレンタル費などの請求処理機能を持つ。

ソフトウェア構成は、管理用 PC に搭載される廃棄物管理プログラムと PDA に搭載される PDA 用プログラムである。PDA 用プログラムには、確認用プログラムと回収用プログラムの 2 種類がある。

3.2 システムの機能と運用

廃棄物を管理する上で、コンテナの状態を明確化し、その状態ごとに処理内容を設定した。廃棄物コンテナの状態は、「設置」「回収依頼」「回収」「処理」の 4 種類である。「設置」は、コンテナが設置されてから専門工事会社の担当者が回収の依頼を出すまでの状態を指す。「回収依頼」は、回収の依頼が出されてから廃棄物集積ヤードに運ばれるまでの状態を指す。「回収」は、廃棄物集積ヤードに運ばれてからコンテナの中身を処理業者に引き渡すまでの状態を指す。「処理」は、中身を処理業者に引き渡した後の状態を指す。

「設置」「回収依頼」は、主に施工階で発生する状態であり、確認用プログラムを搭載した確認用 PDA で管理する。「回収」「処理」は、主に廃棄物集積ヤードで発生する状態であり、回収用プログラムを搭載した回収用 PDA で管理する。確認用 PDA では、IC タグに例外情報を書き込むことができ、回収用 PDA でその例外情報が自動的に表示される。回収用 PDA では確認済みの例外情報を消去できる。

「設置」状態にある廃棄物コンテナを、「回収依頼」状態に変更する時の PDA の画面を Fig. 4 に示す。廃棄物コンテナの回収に関わる情報などを確認・変更できる。

廃棄物管理プログラムの画面を Fig. 5 に示す。このプログラムでは貸し出された廃棄物コンテナの情報(状態・使用会社名・分別品目など)が一覧で確認できる。また、新設コンテナのレコード追加の際に、看板と利用申込書を自動発行する。新たに作成された廃棄物コンテナには、任意の IC タグを関連付けられる。

「処理」状態のレコードに対する帳票を一括で作成でき、帳票が作成されると物流システムへの情報送信が可能になる。この処理フローにより帳票の発行忘れを防止する。物流システムへ情報送信した廃棄物コンテナの IC タグは再度利用可能となる。

3.3 システムを利用した業務の流れ

廃棄物コンテナ管理システムを利用した新しい業務の流れを Fig. 6 に示す。

(1) 分別看板の発行と廃棄物コンテナの設置 専門工事会社からの廃棄物コンテナ利用依頼に応じて、廃棄物管理プログラムで当該専門工事会社の名前、分別品目等の基本情報を入力する。利用申込書を発行し、入力情報を関連付けた IC タグ付きの分別看板を取り付けた廃棄物コンテナを作業場所に設置する。

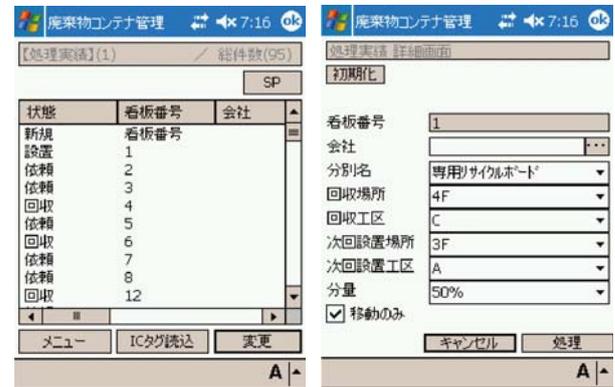


Fig. 4 PDA 用プログラムの画面
PDA Screens for Collection Request



Fig. 5 PC 用プログラムの画面
PC Screen of the System

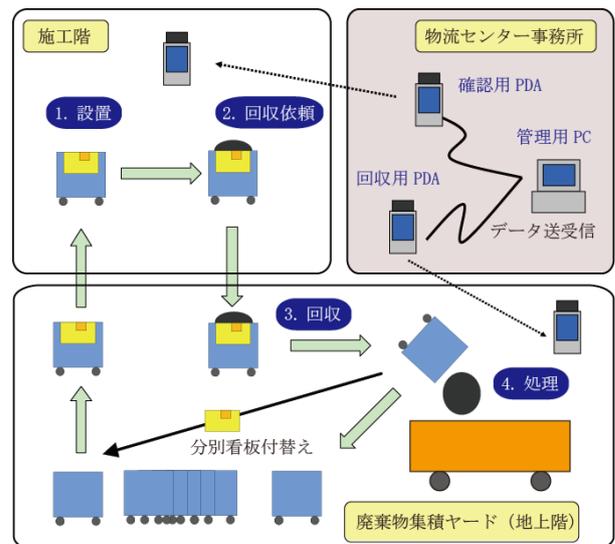


Fig. 6 システムを利用した廃棄物コンテナの管理
Workflow of the Waste Container Management

(2) 廃棄物コンテナの回収と再設置 廃棄物で一杯になったコンテナは、専門工事会社の回収依頼を受けて物流センターがまとめて回収する。その際、内容物や会社名などが、看板の内容と一致しているかを確認する。例外情報がある場合は、IC タグにその内容を書き込む。物流センター作業員は廃棄物入りのコンテナを設置場所から廃棄物集積ヤードに運搬し、「回収用 PDA」で IC タグを読み取って回収実績を記録する。この時、例外情報がある場合は、回収用 PDA に例外情報を反映させる。廃棄物コンテナを設置場所に即座に返却するため、看板を空のコンテナに付け替え、新たに設置する。蓄積された回収実績は管理用 PC へデータ転送する。

(3) 廃棄物コンテナの在庫管理 物流センター作業員は「確認用 PDA」で分別看板の IC タグを読み取り、廃棄物コンテナの設置場所等が廃棄物管理プログラムの情報と相違ないか確認する。相違点がある場合は、確認用 PDA に記録し、管理用 PC へデータ転送する。

4. システムの適用

4.1 適用対象工事

開発したシステムの操作性の確認と効果の把握を目的として、工事現場に適用した。対象工事の概要を Table 2 に示す。5 階建ての大規模商業施設の新築工事で、揚重設備は仮設エレベータ 1 基と本設エレベータ 5 基、移動式クレーン 2 基である。システムの適用期間は約 5 ヶ月間で、廃棄物搬出の最盛期を含む。

4.2 適用計画

(1) 物流センターの体制 物流センターは、資機材の搬入／揚重スケジュールの調整や廃棄物搬出の管理を担当する管理者 2 名と、揚重設備のオペレータなどの作業員からなる。廃棄物搬出の最盛期には、物流センターの人員は管理者を含めて 7 名であった。

(2) 使用機器の構成 システムの使用機器を Table 3 に示す。USB 接続タイプの IC タグ R/W は PC に接続し、分別看板と IC タグの関連付けに使用した。IC タグ R/W を装着した PDA は 3 台用意した。IC タグは 198 枚を使用した。

4.3 適用結果と考察

4.3.1 適用結果の概要 5 ヶ月間の適用結果の概要を Table 4 に示す。10 種類の分別品目について 195 枚の分別看板を発行し、延べ 2,470 枚の廃棄物コンテナを処理した。平均すると 1 日あたり 19.8 回処理した。

また、分別品目別の処理回数を Table 5 に示す。混合廃棄物の排出量が全体の 10.5% となり、廃棄物の分別が効果的に実現していた⁵⁾。分別品目により処理頻度に大きな差があるため、分別看板は、繰り返し使われたものと、長期間同一のコンテナに付けられていたものがある。

4.3.2 作業時間削減効果 廃棄物情報管理業務にお

ける、従来とシステム導入後の作業時間の比較を Fig. 7 に示す。従来 160 時間かかる作業が、システム導入により 34 時間となり、約 80% の作業時間の削減を達成した。作業項目ごとの削減効果と要因について以下に記す。

(1) 分別看板作成 30% の削減効果があった。IC タグの付与作業が増加したものの、従来作成していた管理用台帳の省略などが作業時間削減につながった。前掲の Fig. 1 の No. 5, 7 の項目が該当する。

(2) 在庫管理 90% の削減効果があった。IC タグを用いて廃棄物コンテナの利用状況を一元管理したこと

Table 2 適用対象工事現場の概要
Applied Project

工事場所	東京都
工期	2007年2月7日～2007年11月20日
用途	商業施設
構造	S造
規模	地上5階
延床面積	148,500m ²

Table 3 使用機器一覧
Equipment for Application

PC	1台
カラープリンター	1台
ICタグR/W (USB接続)	1台
PDA (CFカードスロット付き)	3台
ICタグR/W (CFカードタイプ)	3台
ICタグ	198枚

Table 4 適用結果の概要
Summary of Results

運用期間	5ヶ月
分別品目	10品目
看板発行枚数	195枚
累計回収処理回数	2470回
一日あたりの回収処理回数	19.8回

Table 5 分別品目別処理回数
Number of Disposal

分別品目	スクラップ	石膏ボード	混合廃棄物	ダンボール	廃プラ	硝子屑	木屑	紙	繊維	コンクリート	合計
処理回数	574	1188	261	139	54	21	83	7	1	142	2470

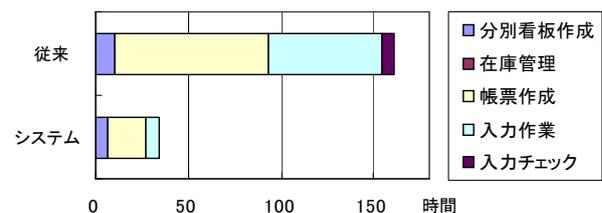


Fig. 7 システム導入による作業時間の比較
Comparison of Work Time

で、問合せ時に迅速な対応が可能になった。前掲の Fig. 1 の No.10 の項目が該当する。

(3) 帳票作成 75%の削減効果があった。看板作成時に IC タグに関連づけて入力した情報などを利用して自動作成することで省力化された。前掲の Fig. 1 の No.3, 12, 13, 16, 20 の項目が該当する。

(4) 入力作業・入力チェック 90%の削減効果があった。IC タグを利用することで、廃棄物コンテナの情報は状態遷移に合わせて随時更新される。この情報をそのまま利用することにより、多くの時間を割いていた物流システムへのデータ入力とそのチェックの作業が不要になったため大きな作業時間の削減につながった。前掲の Fig. 1 の No.18, 19 の項目が該当する。

4.3.3 例外情報の伝達 適用期間中に発生した例外情報の内容と件数を Table 6 に示す。分別品目の違い、会社の違いは、それぞれ設置時に登録した分別品目や会社名と実際の内容に相違がある場合を指す。数量の増減(100%以外)とは、少量の廃棄物の回収や詰め込みすぎによる容量過多などを指す。本適用では、IC タグの書込み機能を利用して、76 件の例外情報を適切に処理できた。廃棄物コンテナの利用総数 2,470 台に対する例外処理の発生割合は約 3%だった。

4.3.4 システムの課題 今回の工事現場適用において、分別看板の IC タグを読み書きできなくなるケースが 3 件生じた。使用した IC タグ 197 枚の内、約 1.5%が破損したことになる。運搬時や廃棄物集積ヤードにおけるコンテナ相互の衝突などによって回路が破損したと考えられる。今後は、樹脂で被覆した IC タグなどの耐衝撃性に優れた製品を検討する必要がある。

4.3.5 適用結果のまとめ 廃棄物コンテナ管理システムの工事適用の結果を以下にまとめる。

- 1) 5ヶ月間で分別看板を 198 枚発行し、コンテナを 2,470 回処理した。
- 2) 廃棄物情報管理業務の 80%を削減した。
- 3) 処理回数の 3%発生する例外処理を、適切に処理できた。
- 4) 5ヶ月間の適用において、使用した IC タグの 1.5%が破損した。

本適用により、開発したシステムが大規模工事現場で運用可能であり、大きな作業時間削減効果を得られることを確認した。ただし、本システムに使用した IC タグの耐久性には改善を要する。

また、物流センター作業員に対するヒアリング調査から、従来発生していた帳票の作成ミスなどのヒューマンエラーが無くなったという効果を確認した。

4.4 今後の展望

(1) 情報共有範囲の拡大 本システムは、専門工事会社を含めた広範な情報共有への展開が考えられる。廃棄物コンテナの利用会社が直接システムに登録すれば、手の空いた物流センター作業員が即座に対応できる。た

Table 6 例外情報の内容と件数
Number of Exception Handling

例外項目	件数
分別品目の違い	13
会社の違い	44
数量の増減(100%以外)	19
合計	76

だし、情報セキュリティの強化、インターネットや無線 LAN などによるリアルタイムな通信システムが必要になる。さらに、電子マニフェスト、中間処理業者などとの連携による業務効率化の可能性もある。

(2) 廃棄物の分別実績の把握 本システムでは、廃棄物コンテナの状態を変更した日時、担当者名、例外情報等全ての履歴情報が保存される。これを活用することで、専門工事会社の分別達成度などが把握できる。

(3) 帳票の電子化 帳票作成で出力される紙を電子化することで、さらなる効率化と省資源化が図れる。具体的な方法として、PDA 画面上での署名、電子マニフェストに利用される工事現場固有のパスワードの入力などが考えられる。

5. まとめ

物流センターが行う廃棄物管理業務の効率化を目指して、PC, PDA, IC タグにより構成される廃棄物コンテナ管理システムを開発した。大規模商業施設の新築工事において開発したシステムを適用した結果、廃棄物情報管理業務の約 80%を削減し、ヒューマンエラーを撲滅した。また、混合廃棄物の占める割合が小さい値となるなど、システムを用いた迅速な廃棄物コンテナの設置・回収によって、分別品質の向上にもつながったと考えられる。

現在、新たに 2ヶ所の工事現場でシステムを適用中である。詳細な実績データを収集して、システムの改善につなげると共に、一層の水平展開を進める予定である。さらに、本システムを応用し、物流センターが扱う資機材の管理などにも展開していきたい。

参考文献

- 1) 滝沢平一郎：建築現場におけるサイト物流の取り組みについて、建築コスト研究 No. 66, 2009. 7
- 2) 浜田耕史，他：建築仕上・設備資材の自動化搬送システムの開発，大林組技術研究所報 No. 64, 2001. 9
- 3) 塩田泰之：建設現場におけるゼロエミッション活動の成果，建築学会大会学術講演梗概集，2003. 9
- 4) 近藤哲，他：IC タグを利用した排水管通水試験システムの開発，大林組技術研究所報 No. 70, 2006. 12
- 5) 浜田耕史，他：建設系廃棄物の小口巡回回収と電子マニフェストの試行，大林組技術研究所報 No. 68, 2004. 12