

(24) 道路清掃ごみの実態調査と物理・化学組成分析

Examination of Actual Conditions of Street Refuse and its Material and Chemical Composition Analysis

荒井 康裕*, 小泉 明*, 岩本 隆大*

Yasuhiro ARAI*, Akira KOIZUMI*, Takahiro IWAMOTO*

ABSTRACT; The major constituents of street refuse have been dust and fallen leaves. The recent main constituent is litter that comprises a variety of materials discarded in public places. Litter includes newspapers, empty cans, plastic bags, cigarette ends and so on. Detailed knowledge of the material composition of street refuse is a prerequisite for effective management and disposal. Furthermore, the chemical composition is also important, since it determine the majority of the emissions from waste treatment process.

The purpose of this research is to examine the actual conditions of street refuse, and analyze the material and chemical compositions of the refuse. We conducted a continuous actual survey to collect the data. It is revealed that the street refuse has its unique characteristics as compared with municipal solid waste. The result of our analysis helps to establish a new management and disposal system of street refuse.

KEYWORDS; Street Refuse, Composition Analysis, Dust, Fallen Leaves, Litter

1. はじめに

従来、道路清掃の目的は、車両や人の安全な交通を確保することや、都市の美観を維持することを中心に行われてきた。しかし、道路清掃を取り巻く社会情勢にも変化が生じており、より効率的かつ合理的な道路清掃を目指す取り組みが必要とされる。ここで、道路清掃に求められる要件を「安全性」「経済性」「環境性」の3つの観点から整理する(次頁の図-1 参照)。まず、道路清掃の根幹的な要件となる安全性については、視認性の乏しい小石や釘等の金属片による自動車のタイヤバーストや、降雨後に路面に付着したレジ袋等による二輪車の転倒事故を未然に防ぐ役割を有する点を考えれば、より安心で快適な道路機能を確保するための清掃活動が、定期的かつ持続的に必要とされることは言うまでもない。

こうした安全性を確保する上で重要な意味を持つ道路清掃に対し、最近では、経済性及び環境性に関する配慮も同時に強く求められている。具体的には、経済性の視点では、国や自治体の厳しい財政難を踏まえ、交通量や地域特性に応じながら、安全性を満たす清掃頻度や作業方法の設定・計画¹⁾が望まれる。また、環境性については、市民の環境意識の向上²⁾や、持続的な循環型社会の形成といった観点から、再生可能な資源の分別・回収³⁾、残さ物の無害化・減溶化等を積極的に取り組むことも期待されている。路面上のごみを単に清掃・運搬し、その処理を処理業者等に委託するといった、現在の清掃形態を見直す必要があると判

* 首都大学東京大学院工学研究科 (Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University)

断できる。特に、近年の道路清掃ごみの組成を見ると、落ち葉や土砂と一緒に処理し難い自動車部品の落下物等も混在することから、道路清掃ごみを独自に適正処理するようなシステムが今後必要になると考えられる。

以上のような背景を踏まえ、より計画的な清掃頻度の設定や、適切な処理・処分方法の検討を行うためには、道路清掃ごみに関する定量的なデータ⁴⁾が必要不可欠であるが、道路清掃ごみの物理的かつ化学的特性を総合的に把握する調査研究は十分に行われていないのが現状である。

そこで、本研究では、道路清掃ごみに対する新たな回収・処理システムの構築を念頭に置き、都市部における道路清掃ごみの回収量や、物理・化学組成を把握するための実態調査を連続的に実施し、今後の詳細検討に有用となる情報提供を目的とした分析を行う。以下、2. では、本研究で行った調査概要として、対象路線や調査時期、具体的な分析内容等について述べる。3. では、土砂や落ち葉、空き缶やレジ袋といった「ごみ種類別組成」に着目した分析を行うとともに、4. では発熱量、三成分（水分・可燃分・灰分）、元素組成（炭素・水素・窒素等）の「化学的特性」を把握するための分析を行い、道路清掃ごみの多様性や変動性⁵⁾を明らかにする。

2. 実態調査の内容

道路清掃の実際は、国や地方自治体の委託を受けた民間業者等が、定められた1つの路線・区間を対象に深夜から早朝の時間帯に行う。1つの作業グループは先行車、散水車、路面清掃車、ごみ運搬車によって編成される。先行作業員が歩道から車道に掃き出したごみや、路面上のごみを、路面清掃車の回転ブラシによってかき集め、追従するごみ運搬車に積み替えながら、清掃・回収された道路清掃ごみを処理処分施設へ運搬している。本調査では、上述の清掃作業で回収された道路清掃ごみを一度、作業現場へ搬送し、重量・容量の測定とサンプルの採取を行った後、通常の運搬先である処理処分施設へ戻す方法を採用した。

今回の実態調査における対象路線は国道246号線であり、東京都千代田区永田町1丁目から同世田谷区玉川3丁目までの区間（35.7km）において清掃・回収された道路清掃ごみを調査分析用のサンプルとする。対象とする区間は、都心域と住宅域を結び、通勤等の利用が頻繁なルートとして知られている。平成11年度国土交通省の調べによると、平日の交通量は都心域（三宅坂～青山1丁目）では約7万台/日、住宅域（上馬～瀬田）では約5万台/日となっている。なお、調査は平成16年10月26日（火）、同12月14日（火）及び17年1月12日（水）の計3回に渡って実施した。これらの時期を対象とした理由は、年間のうち最も回収量の多い12月⁶⁾に着目し、このピーク月の前後1ヶ月間の変動特性を把握することを目的としたためである。

本研究における実態調査は、「ごみ種類別組成」に着目した分類調査と、「化学的特性」に関する測定分析の2つによって構成される。まず、ごみ種類別組成を把握するための分類調査では、路面清掃により回収された道路清掃ごみを25m四方のビニールシート上に広げ、これらの縮分を行わず、ごみ全量（約350[kg]～700[kg]）を作業員の手選別によって分類・計測することとした。作業員は実施一回当たり10人前後で行い、午前9時から午後5時までの約8時間要する調査規模となっている。実際の作業手順は、多量に含まれる落ち葉及び土砂を除外し、残ったごみを計75種類の組成項目に分類した後、湿ベースで各々の重量をバネばかり等によって測定し、容量は一定容積のバケツを基準に目分量で計測することにした。

一方、化学的特性に関しては、専門的分析業者にサンプルの分析試験を依頼し、発熱量、三成分、元素組成に関するデータのほか、水銀や鉛といった有害物質に関する測定データを得ることとした。本分析では、道路清掃ごみの化学的な特性を考察するため、一般家庭から排出される「都市ごみ」の性状と比較する。

課題 道路清掃にいま、何が求められているのか？

結論 道路清掃の在り方を見直す時期が到来し、道路清掃ごみに対する新しい回収・処理システムの構築が必要

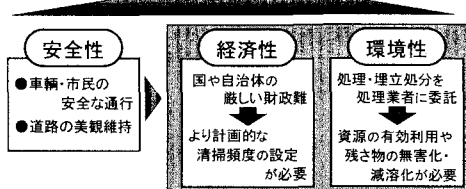


図-1 道路清掃に必要な3条件

3. ごみ種類別組成の分析結果と考察

道路清掃ごみの発生量（回収量）や、その性状を把握することは、適正な清掃頻度や、回収物に含まれる循環資源の有効利用等を検討する際に重要である。本分析では、道路清掃ごみの物理組成を明らかにするため、以下に設ける3つの視点から分析を試みる。

3. 1 「自然的発生ごみ」と「人為的発生ごみ」に関する特性

本研究では、道路清掃ごみを自然的発生ごみと人為的発生ごみから構成されるものであると定義する。移動車両及び歩行者から排出（投棄）されたごみ、いわゆる「ポイ捨てごみ」は人為的に発生したごみとして分類でき、落ち葉及び土砂は自然的発生ごみに属する。以下では、落ち葉及び土砂を除く計 75 項目の分類調査データをまとめて人為的発生ごみと呼ぶことにする。

落ち葉、土砂、人為的発生ごみを調査時期別に比較したものを図-2 に示す。なお、各々の調査時期での回収量は、清掃間隔の異なるデータであるため、道路清掃ごみの回収量を清掃間隔で除した値を用いることにする（平成 16 年 10 月：7 日間、12 月：3 日間、17 年 1 月：5 日間）。まず、重量[kg]及び容量[L]ともに、12 月が最も回収量の多い調査時期であることが確認できる。これは、落ち葉の回収量の変動による影響を大きく受けていることが要因とされる。土砂に関しては、容量[L]ベースで見ると落ち葉ほど目立たないものの、重量[kg]ベースでは調査期間を通じ、ある程度まとまった量として存在することがわかる。

人為的発生ごみに着目すると、重量[kg]ベースで捉えた時よりも、容量[L]ベースで見た時の割合の方が高く、落ち葉の回収量の最も多かった 12 月を除く、10 月及び 1 月では人為的発生ごみの割合が容量ベースで最も高かった。人為的発生ごみに含まれる分類項目には、PET ボトルやトレイ類といった、比重の小さいプラスチック製の容器包装が多く含まれるため、容量ベースで特に顕著な存在感を示している。プラスチック類等の軽くてかさ張るごみの清掃・回収は、路面清掃車のタンクを頻繁に満杯にし、ごみ運搬車への積替え回数を増加させるなど、作業効率の悪化に結び付くことも考えられる。

以上の結果、従来の道路清掃ごみでは、落ち葉・土砂が代表的な組成項目として位置づけられてきたが、今回の分析により、人為的発生ごみの存在が大きいことが明らかとなった。そこで次節では、種々雑多なごみ組成項目から構成される人為的発生ごみに焦点を当て、より詳細なごみ種類別組成項目でのデータ分析を試みる。

3. 2 人為的発生ごみの基本構成

人為的発生ごみを「紙類」「プラスチック類」「ガラス・金属類」「繊維類」「ゴム・皮革類」「草木類」「厨芥類」「その他可燃物（落ち葉除く）」「その他不燃物（土砂除く）」の 9 項目に分類し、各々の重量及び容量を調査時期別に比較した様子を図-3（次頁）に示す。なお、同じ路線であっても調査時期によって人為的発生ごみの回収量にばらつきが見られるため、各項目の構成割合を相対的に表現するパーセントで表示し、基準化されたデータから人為的発生ごみの一般的な共通性を見出すことにした。

重量[kg]ベースでは、「紙類」、「プラスチック類」及び「ガラス・金属類」の 3 項目が上位を占め、人為的発生ごみの 7 割以上となっている。容量ベースでも同様の傾向が見られ、上記 3 項目が人為的発生ごみの 8

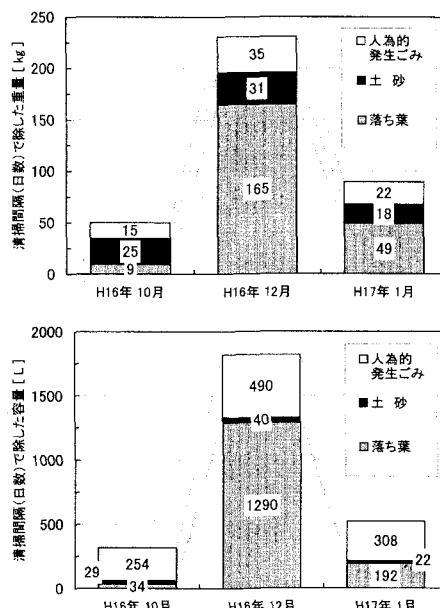


図-2 自然的発生ごみ及び人為的発生ごみ
(上：重量[kg]、下：容量[L])

割以上を占めることがわかる。「プラスチック類」に着目すると、重量ベースでは「紙類」「ガラス・金属類」とほぼ同程度の割合であったが、容量ベースでは人為的発生ごみの4割から5割程度を占めている。また、上位3項目以外では、重量ベースで「その他可燃物（落ち葉除く）」が比較的大きな割合を占めているが、これに属する主なごみは「タバコ」となっている。

以上、「人為的発生ごみ」における主要な組成項目は、「紙類」「プラスチック類」及び「ガラス・金属類」であることが明らかとなった。これらの3項目は、人為的発生ごみ全体の回収量に直接的な影響を及ぼすことが考えられるため、調査時期によってどの程度のばらつきがあるのかに関して考察を行うものとする。

3. 3 人為的発生ごみの変動特性について

人為的発生ごみの変動特性を把握するため、分類調査データを図-4 に示す計 26 項目に集計し、調査時期毎の重量データ[%]の最大値、最小値及び平均値をプロットした結果を示す。

まず、人為的発生ごみの主要な項目である「紙類」「プラスチック類」「ガラス・金属類」に目を向けると、「紙類」では「ダンボール」「その他紙類」の最大値が、いずれも高い値となっていることがわかる。しかし、この2項目の最大値と最小値のギャップは顕著であり、特に「その他紙類」にはティッシュペーパー等の使い捨て品が含まれていることから、発生量（回収量）は時間的に大きく変動するものと考えられる。「新聞紙」「紙製容器（飲料）」「紙製容器（その他）」は自然的発生ごみ中に含まれる割合は比較的に小さく、また、最大値と最小値との差も大きくない。「プラスチック類」に属する項目では、「PETボトル」「プラ容器（その他）」の割合が高いことが図より読み取れる。後者には、プラスチック製の容器包装やレジ袋が多く見られ、ポイ捨てごみの代表的な項目がプラスチック類に確認される結果となった。「ガラス・金属類」に関しては、容器の中でも「スチール製容器」が高い割合を示している。紙類の「その他紙類」と比較し、最大値が互いに大きな値となるが、最大値と最小値との差は「スチール製容器」の方が小さく、3ヶ月間での時間的な変動はさほどないと言える。また、「その他金属」も「スチール製容器」に次いで高い割合を占め、「アルミ製容器」「ガラス容器」よりも多く回収されたことがわかる。「その他金属」には、比較的形状の大きな金属片も含まれていたため、道路の安全性を考えた場合、路面清掃による速やかな撤去・回収が重要な意義を持つことになる。

この他に留意すべき組成項目とし

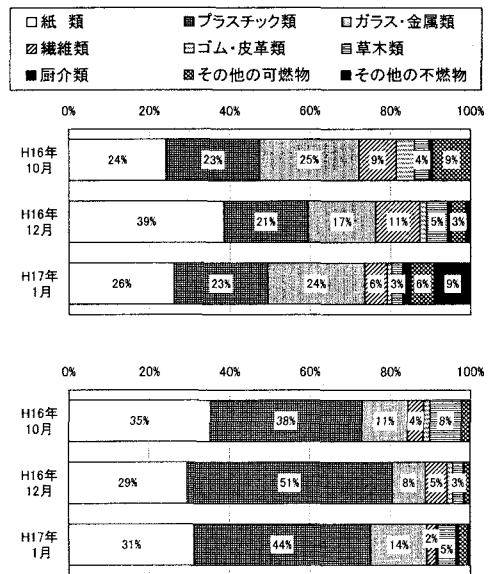


図-3 人為的発生ごみ（9分類）の構成比
(上：重量[%]、下：容量[%])

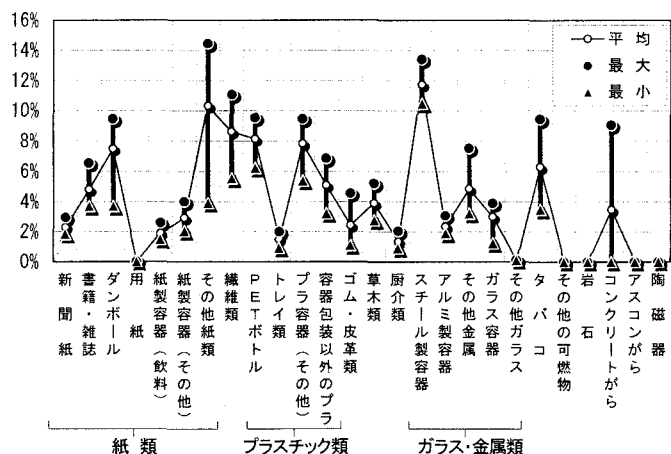


図-4 人為的発生ごみの変動特性

て、「繊維」、「タバコ」及び「コンクリートがら」が挙げられる。特に「タバコ」については、1つひとつの小さな吸殻を考えれば、さほど気になるものではないが、一度の路面清掃によって、無視し得ない多量のタバコの吸殻が回収されることが明らかとなった。

以上より、ごみ種類別組成の観点から分析した結果、道路清掃ごみには多種多様なごみが含まれる一方、組成項目によって変動の大きさも異なることが明らかとなった。

4. 化学的特性に関する分析結果と考察

ごみの化学的な特性を知るとは、焼却施設やガス化溶融施設等、熱処理を行う施設の計画・設計には欠かせない要件となる。本分析では、発熱量、三成分（水分・可燃分・灰分）、元素組成、並びに有害物質を取り上げ、道路清掃ごみ専用の処理システム開発や実用化を検討する上で必要となる化学的諸元を明らかにする。なお、各回ともに約10[kg]の試料を用い、各分析項目はJIS等に定められる方法により行った。

4. 1 発熱量

実態調査サンプルの低位発熱量について、都市ごみとの差異を比較するため、既存の調査データ⁷⁾から、全国の平均的な数値として農村部、中小都市、大都市に関するデータを調べ、表-1に整理することとした。

道路清掃ごみの低位発熱量を見ると、今回実施した3回の調査の最小値は4,020[kJ/kg]、最大値で8,580[kJ/kg]となっており、ほぼ2倍以上の差が生じている。10月と比較し、12月及び1月の低位発熱量が低くなっているのは、水分を含む「落ち葉」の回収量の増大と関連していると思われる。

都市ごみの低位発熱量は、地域や季節によってもばらつきがあるが、統計データによる全国的な平均値は表-1のように5,000～10,000[kJ/kg]の範囲となることが知られている。この変動幅は、道路清掃ごみの低位発熱量に関するばらつきとほぼ同程度であることから、道路清掃ごみを専門に適正処理することを考えた場合、ごみ質が大きく変動する特性を十分に留意した処理システムの計画・設計が必要と言える。

4. 2 三成分（水分・可燃分・灰分）

道路清掃ごみの三成分（水分・可燃分・灰分）について、調査時期別の構成比[%]を図-5に示す。なお、都市ごみと比較するため、混合収集を行っている横浜市と、可燃ごみ及び焼却不適物（ビン・缶等の不燃物、プラスチック類、ゴム・皮革）の2種分別収集を行っている東京都（23区）の可燃ごみデータの2つを参考に加えた（いずれも平成9年度）。

都市ごみに関する三成分は、全国的な値で見ると、水分：45～60%、可燃分：40～55%、灰分：5～15%とされる⁸⁾。混合収集か、可燃ごみのみ（不燃系ごみを含まない）かといった、分別収集の差異は、都市ごみの三成分に大きな影響を及ぼすと考えられる。実際に図-5の右2つを見ると、両者の三成分に差異が生じており、ビン・缶等の不燃物を含む都市ごみ（混合収集）の灰分が、一方に比べて高い割合になっていることが読み取れる。しかし、これらの違いよりも、道路清掃ごみの三成分の差異（左3つ）の方がはるかに顕著である。道路清掃ごみの三成分は、時期によって都市ごみ以上に大きく変動することが考えられる。

この他に、道路清掃ごみの三成分の特徴として、「灰分」の占める割合が大きい点が上げられる。これは、路面清掃によって回収される「土砂」に起因していると考えられる。また、12月の「水分」が高くなってい

表-1 低位発熱量に関する道路清掃ごみと都市ごみの比較

測定サンプル	低位発熱量 [kJ/kg]
道路清掃ごみ	
H16年 10月	8,580
H16年 12月	5,270
H17年 1月	4,020
都市ごみ	
農村部	5,500～6,700
中小都市部	6,700～8,400
大都市部	8,000～9,600

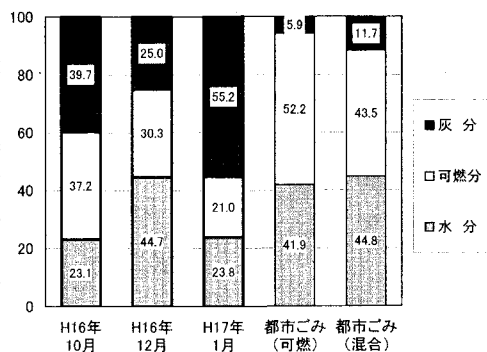


図-5 三成分に関する道路清掃ごみと都市ごみの比較

る点も、道路清掃ごみでの1つの特徴であり、11月下旬から12月にかけて例年増加する「落ち葉」の影響によるものと考察される。

4. 3 元素分析

道路清掃ごみの化学的な特性を把握するため、元素分析データ（炭素・水素・窒素・酸素・硫黄・塩素）を可燃分中の構成比[%]に換算し、図-6の縦棒グラフに表示する。また、三成分の分析と同様に、都市ごみの可燃及び混合ごみに関する元素分析値⁸⁾も、折れ線グラフで図示する。

道路清掃ごみの元素分析値[%]は、いずれの調査時期においても炭素(C)が50%以上と最も高く、次いで30%台の酸素(O)と、8%前後の水素(H)が続いている。この結果は、都市ごみの元素分析値に見られる傾向とほぼ等しいが、3回の実態調査における各元素の変動は、分別方法が異なる2つの都市ごみに生じるギャップと同じ程度あると言える。

他の元素では、塩素(Cl)が0.2~0.3%程度となるが、都市ごみとの比較では、相対的に低い値であり、逆に、硫黄(S)については、都市ごみより若干高い傾向にあることがわかった。

例えば、プラスチックごみが多く含まれたサンプルを測定すると、炭素(C)及び水素(H)の占める割合が高くなることが知られており、人為的発生ごみの主要なペットボトルやレジ袋の量によってもそれら元素分析値[%]に変化が生じる。ごみ種類別組成に関する分析でも明らかにされたように、道路清掃ごみは多種多様で、さらに、それらの発生量(回収量)も時間的に複雑に変動することから、化学的な特性値にもその影響が強く現れていることが明らかとなった。道路清掃ごみの処理装置を検討する際、ごみ質の多様性・変動性に留意しなくてはならないことが本分析においても示唆された。

4. 4 有害物質

道路清掃ごみに含まれる有害物質は、表-2に示されるデータのとおりである。なお同表右側には、路面清掃によって回収した土砂のみを分析サンプルとし、同様の分析を実施した結果も示されている。最も多く含まれていた「鉛」に関して、道路清掃ごみでは28~58[mg/kg]の鉛が検出される結果が得られた。道路清掃ごみを調査した結果、蛍光灯やバッテリーといった有害物質を含む廃棄物が、落ち葉や土砂、ポイ捨てごみ等と乱雑に混在する格好で回収される実態が明らかとなった。道路清掃ごみの有害物質に関するデータは、現在のところ十分に整備されておらず、今後も今回と同様の実態調査を継続化するとともに、数多くの対象地域における道路清掃ごみに関するデータの蓄積が重要であると考えている。

5. おわりに

本研究では、道路清掃ごみに関する有用な情報を得ることを目的に、「ごみ種類別組成」及び「化学的特性」の観点から実態調査データの分析を試みた。以下に、主要な成果を挙げる。

- 1) 最も回収量の多い調査時期は12月であり、これは「落ち葉」の大幅な増大に起因していることが考察された。「土砂」に関しては、容量[L]ベースで見ると「落ち葉」ほど目立たないが、重量[kg]ベースでは年間を通じ、ある程度まとまった量の回収(発生)があることが示された。
- 2) 「落ち葉」及び「土砂」以外の75項目(ここでは「自然的発生ごみ」と呼ぶ)を見ると、重量[kg]

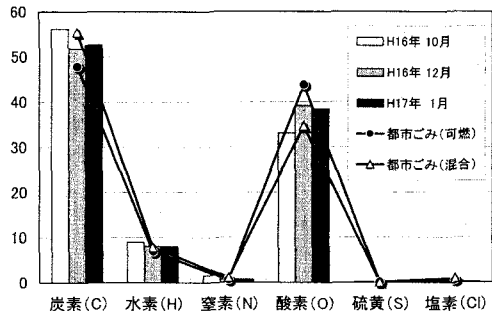


図-6 元素分析に関する道路清掃ごみと都市ごみの比較

表-2 道路清掃ごみに含まれる有害物質

分析項目	H 16年 10月	H 16年 12月	H 17年 1月	土砂のみ (H17年1月)
アルキル水銀 [mg/kg]	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
総水銀 [mg/kg]	0.05	0.03	0.06	0.03
カドミウム [mg/kg]	1未満	1	1未満	2
鉛 [mg/kg]	58	28	29	56
六価クロム [mg/kg]	1.0未満	1.0未満	1.0未満	1.0未満
ヒ素 [mg/kg]	0.5未満	1.0	0.5未満	1.4
シアン [mg/kg]	0.9	2.9	0.8	0.3
有機リン [mg/kg]	0.3未満	0.3未満	0.3未満	0.3未満

ベースよりも、容量[L]ベースで捉えた時の割合の方が高く、「落ち葉」の回収量の最も多かった12月を除いては、10月及び1月の「人為的発生ごみ」の割合が容量ベースで最も高かった。

- 3) 「人為的発生ごみ」における主要な組成項目は、「紙類」「プラスチック類」及び「ガラス・金属類」であった。さらに詳細なデータを分析したところ、紙類では「ダンボール」「その他紙類」、プラスチック類では「PETボトル」「プラ容器(その他)」, ガラス・金属類では「スチール製容器」の構成割合が相対的に大きいことがわかった。
- 4) 道路清掃ごみの化学的特性を把握するため、発熱量、三成分(水分・可燃分・灰分)、元素分析値及び有害物質について測定し、これらを都市ごみのデータと比較した。量及び質の面で、道路清掃ごみは都市ごみに比べ、より多様性・変動性を有することが明らかになった。

本研究は、現在までほとんど知られていない道路清掃ごみの実態を調査するとともに、その物理的かつ化学的な性状を明らかにしたものであり、道路清掃における現行の処理体制を見直す上での貴重なデータになるものと考えている。将来の道路清掃の在り方を検討する場合には、廃棄物処理・処分の適正化に十分な配慮を行うことが重要であるのと同時に、大きな広がりをもつ道路ネットワークから発生する道路清掃ごみの特性を踏まえ、広域的な視点に立った独自のシステム作りが必要である。今後の課題としては、合理的かつ効率的な道路清掃の実現に向け、道路清掃ごみの多様性・変動性を考慮に入れた新しい回収・処理システムの構築化に関する研究⁹⁾へと発展させて行くことが残されている。

【参考文献】

- 1) 古市徹：廃棄物計画のシステム化，廃棄物学会誌，Vol. 13，No. 6，pp. 306-314，2002
- 2) 小泉明，荒井康裕，谷川昇，及川智：家庭ごみに着目した世帯属性と減量化行動の総合的分析，環境システム研究論文集，Vol. 30，pp. 1-8，2002
- 3) 荒井康裕，小泉明，谷川昇，及川智：連続実態調査による家庭ごみ排出量と資源物回収量の関連分析，廃棄物学会論文誌，Vol. 15，No. 3，pp. 200-207，2004
- 4) 茂木正晴，下村由次郎，菅原政則：東京都区部における道路清掃回収物の特性，第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集Ⅰ，pp. 23-25，2004
- 5) 小泉明，荒井康裕：都市ごみ量の季節変動モデルと不規則成分に関する研究，廃棄物学会論文誌，Vol. 14，No. 3，pp. 158-165，2003
- 6) 東京都環境局：道路清掃ごみの月別回収量，下記のホームページ参照
http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/tyubou/tyubou04_dourokasen/011douro_grp.htm
- 7) (社)全国都市清掃会議・(財)廃棄物研究財団：ごみ処理施設整備の計画・設計要領，p. 35，1999
- 8) 前掲の参考文献7)，pp. 133-147
- 9) 荒井康裕，稲員とよの，小泉明：ごみ処理システムの広域化計画に関する最適化モデル分析，環境システム研究論文集，Vol. 31，pp. 267-276，2003