

学位論文題名

都市ごみの総合的管理を支援する評価計算

システムの開発に関する研究

学位論文内容の要旨

従来の都市ごみ処理は、可燃ごみを焼却し、不燃物と焼却残渣を埋め立てするのが一般的であった。しかし、ごみ問題の深刻化とともに中間処理量・最終処分量の低減、処理コストの削減、環境影響の低減が必要とされ、ごみの減量化・資源化、処理の適正化が求められるようになった。具体的にはまず①処理方法に応じてごみを排出時に分別し、②分別された個々のごみをその特性に応じて適正に処理することが要求されている。

ところが、ごみは多様な物質の集合であるため、排出時分別をどのように行うかで処理されるごみの特性は変化し、収集後の処理の性能・効率にも影響を与える。さらに、ごみ排出以前に家庭で行われる不用品の減量化・リサイクルも、処理ごみの特性に影響する。また分別されたごみに対しては、資源化・減量化のための中間処理の選択肢が増え、その結果、ごみ処理全体としての処理プロセスの組み合わせはきわめて多様になった。本論文では発生したごみが分別され、それぞれのごみが処理を経て最終処分されるまでのすべてを「ごみ処理」と呼ぶが、従来のごみ処理の評価は、個々の処理施設のみの評価にとどまるものが大部分であり、多様なごみ流れを前提に総合的に評価しようとしたものはない。本論文の目的は、自治体の制約条件のもとでより適正なごみ処理方策（発生源リサイクル、分別・処理プロセスの選択など）を見出すため、多様な形態をとりうるごみ処理の総合的評価を行うことにある。

本論文で開発した評価計算システムでは、都市において発生した不用物が分別され、処理を経て最終的に埋め立てされるまでの「ごみの流れ」を表現する。そして、すべての処理プロセスの施設設計、設備選択、ユーティリティ使用量を計算し、評価インデックスとしてコスト、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量などを計算するものである。評価の範囲は、自治体が行うごみ処理を対象とする。

以下に本論文の内容をまとめる。

第1章では、本論文の背景と研究の目的・意義について説明し、本論文の構成について述べた。

第2章では、自治体の分別・資源化方法の違いにより、分別ごみ種ごとの収集量がどのように異なるかを検討した。全国の自治体を対象に資料収集を行い、自治体の分別方法、およびごみ量に影響すると思われる要因をカテゴリー分けし、可燃ごみ、不燃・粗大ごみの収集量を統計処理により作成したモデルによって推定した。推定精度に問題はなかったが、現実のごみ流れを物理的に説明できないため、家庭系ごみの発生・リサイクルに関する従来の知見をもとに、分別の品

目指定の違いや資源化・自家処理による減量の程度を数値的に表した積み上げモデルを作成した。ほぼ満足できる推定結果が得られ、第3章以降ではこれを用いる。

第3章では、第2章の検討をもとにごみ流れの計算方法を示した。自治体の分別方法、資源化方法を表わし、また容器包装物回収・大型家電製品回収といった施策に対応できるものとするため、家庭系ごみを28の組成に細分し、品目別の生産量・回収量、自治体におけるごみ組成などのデータを用いて不用物発生量を組成別に設定した。以降の計算においてはごみ流れを組成単位で考え、組成別のかさ密度、水分、灰分、元素組成などの特性値を文献データにより設定することで、各々のごみの特性値を表すことができた。次に自治体のごみ組成データをもとに、自治体の分別指定方法、収集区分方法によって各組成がどのようなごみ種に分けられるかを推定した。分別ごみ種は、可燃、不燃、粗大のほか、可燃+不燃、不燃+粗大の同時収集、厨芥の分別収集、自治体による資源物収集を考える。

中間処理施設としては資源選別施設、不燃ごみ処理施設、粗大ごみ処理施設、堆肥化施設、ごみ燃料化施設、焼却施設の6つを考え、分別されたごみの特性に応じて、どの中間処理が選択しうるかを整理した。例えば、可燃ごみの場合には焼却、埋立、堆肥化、ごみ燃料化のいずれかが選択しうる。また、各処理施設において資源回収、破碎、選別などのプロセス、および残渣処理方法の可能な組み合わせを、自治体施設の調査をもとに設定した。現在はあまり例がないが、可能性があるかと判断したものも加えた。自治体の施設では事業系一般廃棄物も処理されるので、事業系ごみの発生量設定、家庭ごみ収集への混入、資源化、中間処理、埋立への流れも考慮した。

第4章では、上記の中間処理施設ごとに第3章で計算された搬入ごみ量、組成を与えたときの施設設計を行い、設備の選択、電力・重油使用量などの計算法を示した。第3章で設定した処理方法・設備に応じて、選別・回収による組成ごとの配分、破碎による減容化なども計算する。次いで、設計結果をもとに、コスト、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量などを算出する。LCA的考えに従って、エネルギー、二酸化炭素は施設・設備の建設、薬品製造等における間接的な使用量・発生量、資源回収による削減量も考慮した。設計手順、計算の実行に必要な設定値、ユーザーが指定しうる施設仕様などのパラメータは、北海道大学工学部清掃工学講座で蓄積されたデータのほか、自治体の清掃事業概要、文献収集、専門家へのヒアリングより得た。

最終処分施設、収集・輸送についても、中間処理施設と同様の計算を行った。最終処分施設へは、収集後直接搬入されるごみのほか、複数の中間処理施設からの残渣が搬入される。収集・輸送は、収集ごみおよび処理残渣の搬入、さらには処理施設が遠方の場合に使用される中継施設も考慮できるようにした。これは、今後例が増えるであろう広域処理、広域輸送に対応するためである。

第3章、第4章の計算プログラムはユーザーの使い勝手を考え、Visual Basicで作成した。ユーザー入力は重要なパラメータのみに限り、しかもデフォルト値を表示しているため、専門的な知識のないユーザーでも自治体の条件、分別方法、処理方法、各施設の仕様を指定し、簡単にごみ処理全体の評価計算を行うことができる。

本計算プログラムの精度はS市の実績値と計算値との比較により確認したが、今後使用を重ねて修正すべき部分も多いと予想される。その意味では、プロトタイプの段階と言えるが、処理システム全体の評価計算を行うことが可能になったので、第5章ではその有用性を示すため、個々

の処理施設における処理方法変更の影響、およびいくつかの典型的なごみ処理施策を想定した計算例を示した。

第6章では、本論文を総括した。

以上のように、本論文は都市ごみ処理に関する膨大な知見・データを整理し、ごみ流れを再現し、ごみ処理全体の評価計算を行えるシステムを開発した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 田 中 信 壽
副 査 教 授 古 市 徹
副 査 教 授 恒 川 昌 美
副 査 助 教 授 松 藤 敏 彦

学 位 論 文 題 名

都市ごみの総合的管理を支援する評価計算

システムの開発に関する研究

地方自治体の行う都市ごみ処理において、ごみ問題の深刻化とともに、ごみの減量化・資源化、処理の適正化が求められている。すなわち、住民によるごみの分別排出を前提に、資源・エネルギーを回収し、適正に処理する総合的都市ごみ管理システムを構成することが要求されている。家庭で行われる不用品の減量化・リサイクルも含めて、分別されたごみに対する中間処理の選択肢が増え、その結果、ごみ処理全体としての処理プロセスの組み合わせはきわめて多様になった。したがって、多様なごみ流れを前提に、より適正なごみ処理方策を見い出すための総合的な評価法が必要となっている。

本研究は、これまでに個々に蓄積されてきた膨大なデータを整理し、都市において発生した不要物が分別され、処理を経て最終的に埋め立てされるまでの「ごみの流れ」を表現し、すべての処理プロセスの施設設計、設備選択、用役量などを計算し、評価指標としてコスト、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量などを計算する評価計算システムを開発している。

以下に各章の概要をまとめる。

第1章では、本論文の背景と研究の目的・意義について説明し、本論文の構成について述べている。

第2章では、全国の自治体を対象に資料収集を行い、自治体の分別・資源化方法の違いに基づいて、分別ごみ種ごとの収集量を推計する統計モデルと積み上げモデルを開発し、満足できる結果を得ている。

第3章では、家庭系ごみを28組成に分類することを提案し、その配分として、可燃、不燃、粗大ごみの他、可燃＋不燃、不燃＋粗大の同時収集、厨芥の分別収集、自治体による資源物収集などの分別ごみの量と質の計算に成功している。さらにこれらの分

別ごみを処理する中間処理施設（資源選別施設、不燃ごみ処理施設、粗大ごみ処理施設、堆肥化施設、ごみ燃料化施設、焼却施設）の組合せと処理残渣の排出を結びつけてごみの発生から処分に至る「ごみ流れ」を明解に表現している。

第4章では、中間処理施設ごとに第3章で計算された搬入ごみ量、組成を与えたときの施設設計法を展開し、必要な施設の規模、設備の選択、所要土地面積、人員、電力・重油・薬品使用量などの決定・計算法を示している。次いで、この設計結果をもとに、コスト、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量などを算出する方法を示している。LCA的考えに従って、エネルギー、二酸化炭素は施設・設備の建設、薬品製造等における間接的な使用量・発生量、資源回収による削減量も考慮している。

最終処分施設や、ごみや処理残渣の収集・輸送についても、中間処理施設と同様の計算手順を示している。最終処分施設へは、収集後直接搬入されるごみのほか、複数の中間処理施設からの残渣が搬入されることや、収集・輸送については、処理施設が遠方にある場合、ごみの中継輸送施設が使用されることを考慮しており、この評価計算法の適用範囲を拡大する工夫をしている。

第3、4章で展開した評価計算プログラムをVisual Basicで作成し、ユーザー入力は重要なパラメータのみに限り、しかもデフォルト値を表示しているので、専門的な知識のないユーザーでも自治体の条件、分別方法、処理方法、各施設の仕様を指定し、簡単にごみ処理システム全体の評価計算を行うことができるように工夫している。

第5章では、本評価計算プログラムの精度を札幌市の実績値と計算値との比較により確認し、ごみの広域処理計画やある都市におけるごみ処理施策計画の検討に適用し、その有用性を確認している。

第6章では、本論文を総括している。

これを要するに、著者は、住民によるごみの分別排出を前提に、資源・エネルギーを回収し、適正に処理する総合的都市ごみ管理システムの評価を支援する有用な計算法を開発しており、廃棄物工学、環境工学の進歩に寄与するところ大なるものがある。

よって、著者は北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。