

## 一般廃棄物処理システムにおける廃棄物構成元素の動態解析

京都大学 学生会員 藤本 雄介  
 京都大学 正会員 米田 稔  
 京都大学 フェロー 森澤 眞輔

### 1. 序論

大量消費社会への反省から、廃棄物を発生させない生産方式の検討に始まり、廃棄物から有用資源をリサイクルすることにより廃棄物発生量を低減させる試みに至るまで、多岐にわたる試みが実行されている。しかし、一方では相変わらず日々大量の廃棄物が発生し処理されており、廃棄物焼却に伴うダイオキシンの発生などに見られる廃棄物の質に関する問題、そして、事故、災害などの異常時においては、普段は廃棄物処理システムに潜在していた種々の負荷が一度にあらわれるといった廃棄物の量、特に施設設備能力の問題等様々なリスクが存在している。そこで本研究では、廃棄物による環境負荷をより少なくし、とりわけ廃棄物処理システムに潜在するリスクが顕在化しにくくなるような対策を発見するため廃棄物流動の数学モデルを構築する。従来の研究により、都市において発生する一般廃棄物の処理システムにおいて、廃棄物が量の側面からどのような動態を示すかということが分かっている。そこで、京都市の一般廃棄物処理システムを用いて、質の面から主要な構成元素がどのような動態を示すかの数学モデルを用いたシミュレーション分析を行う。

### 2. 一般廃棄物の元素組成分析

処理システム全体において廃棄物の構成元素がどのような動態を示すか、さらにごみ質の変化があれば元素組成や特定の元素の濃度等がどのように変わっていくのかを知るために、物質が廃棄・処理・処分されるさまざまな過程においてどのような元素組成を有しているかを調べる。試料として、一般ごみの主要な要素となると思われる物（廃棄物になる前の製品を分類・区分したもの）、A市の清掃工場へ搬入され焼却される一般廃棄物を用い、蛍光 X 線分析装置で元素組成分析を行った。以下の表 1 に結果として得られた廃棄物分類別の元素組成濃度結果を示す。

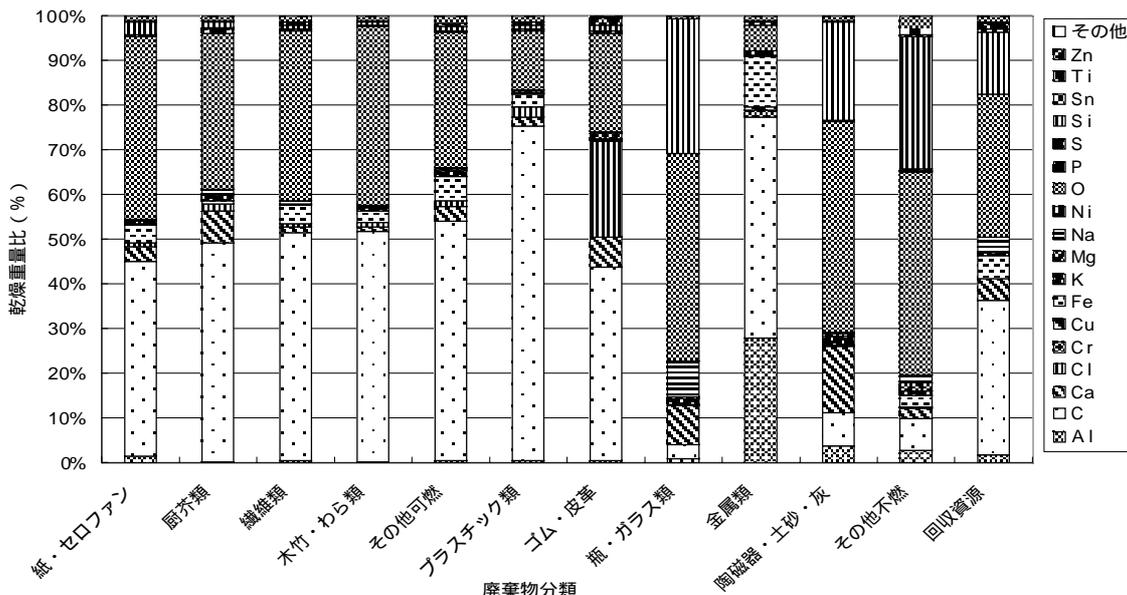


図1 廃棄物分類別の元素組成（乾燥重量%濃度）

キーワード 一般廃棄物処理システム、元素組成、焼却灰、蛍光 X 線分析、数学モデル

連絡先 06-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学 工学研究科 環境地球工学専攻 環境リスク工学講座  
 TEL 075-753-5156 FAX 075-753-5068

### 3. 廃棄物流動モデル

#### 3-1 数学モデルの構築

廃棄物処理システムを構成する任意のプロセスにおける廃棄物の挙動（物質収支）を記述する数学モデルは当該プロセスの前貯留（preW<sub>E</sub>）及び後貯留（postW<sub>E</sub>）廃棄物に対して以下のように定めることができる。

$$\frac{d}{dt}(\text{pre}C_E \text{ pre}W_E) = \sum_D k_{DE} Q_{DE} \text{ post}C_D \text{ post}W_D - h_E X_E U_E \text{ pre}C_E \text{ pre}W_E - h_E Y_E V_E \text{ pre}C_E \text{ pre}W_E$$

$$\frac{d}{dt}(\text{post}C_E \text{ post}W_E) = h_E X_E U_E \text{ pre}C_E \text{ pre}W_E - \sum_F k_{EF} Q_{EF} \text{ post}C_E \text{ post}W_E$$

ここに、W は m 個の成分からなる廃棄物量マトリックスを、D,E,F はそれぞれ任意をプロセスを E、前のプロセスを D、次のプロセスを F に対応させている。i,j は廃棄物の組成成分を、pre,post は処理前、後を表す。X,Y はそれぞれ変換速度、減少速度を表す処理マトリックス、C は元素濃度マトリックス、Q は輸送マトリックス、U は元素変換割合、V は元素消失割合、k は輸送の可否を決定する係数、h は処理の可否を決定する係数を表す。

#### 3-2 パラメータ値の設定及びモデルの検証

伊藤<sup>(1)</sup>による有害金属の焼却炉内での挙動、及び貴田<sup>(2)</sup>による焼却炉における元素の類似性から設定した池田<sup>(3)</sup>による焼却炉内での元素の挙動（物質収支）を表現するマトリックスを用い、都市 A の 5 つの清掃工場での底灰、飛灰の元素組成分析の結果を用いて、シミュレーション結果による元素濃度値と実測値とを比較し検証を行った。その結果を図 2 に示す。元素ごとに見てみると C,Al,Ca,Si などといった主要構成元素は特に誤差の少ない値となり、Ni,Sn,Cu などといった元素は少し離れた値となった。これらの元素は金属類食生活用品が原因ではないかと思われる。

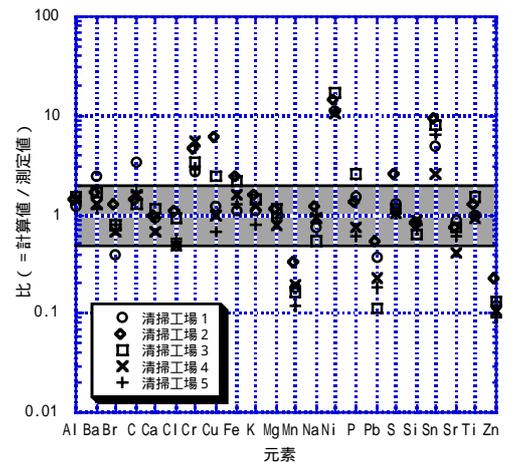


図2 焼却灰の濃度の比較

以上より、金属元素に測定値より離れた値を示したものもあったがほとんどの主要構成元素に関してはまずまず近い値を示すことができた。このことより廃棄物の分類別元素組成についてもまずまず適切にパラメーターを設定できたといえる。また以上により検証したモデルより主要構成元素である C の元素流動の図を京都市の一般廃棄物システムを例として示す（図 3）。

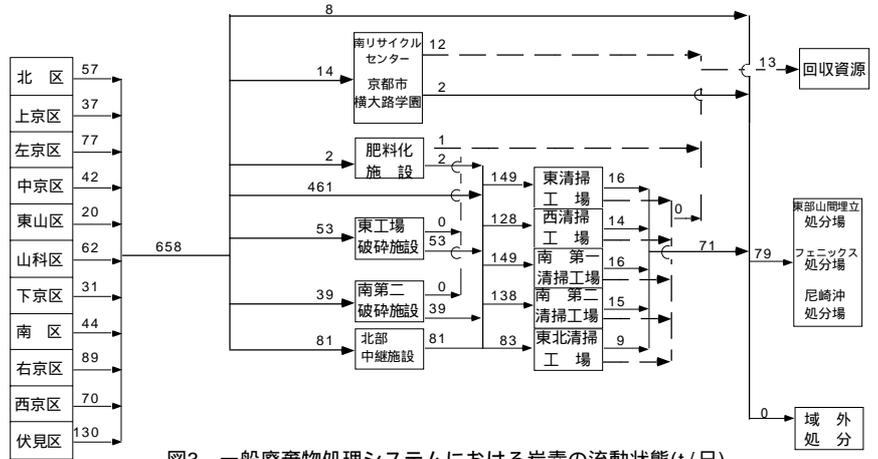


図3 一般廃棄物処理システムにおける炭素の流動状態(t/日)

### 4. 結論

本研究で得られた主要な結論を要約すると以下ようになる。

- 1、棄物の元素組成は細組成分類とその元素組成の組み合わせにより主要な元素濃度を求めることができる。
- 2、廃棄物に含まれる元素の動態を評価する数学モデルは、設定したパラメータ値を含め一般廃棄物処理システム内での主要元素の動態を概ね良好に再現することができ、廃棄物中の主要元素の動態を再現することができた。

#### 参考文献

(1)伊藤尚夫(1991): 都市ごみ焼却における有害金属の挙動、大阪市立環境科学研究所報告、pp.30～35  
 (2)貴田晶子(1991): 焼却炉における元素の挙動とその類似性、廃棄物学会論文誌、Vol.2, No.1, pp.11～22  
 (3)池田晃啓(2000): 一般廃棄物処理システムにおける廃棄物の質・量動態分析とその制御策、京都大学修士学位論文