

〈研究発表〉

産業廃棄物処理及びリサイクルのための技術評価システムの開発

石田 俊宏, 藤原 健史

岡山大学大学院環境学研究科 (〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1, E-mail: gev20302@cc.okayama-u.ac.jp)

概要

本研究では、産業廃棄物の処理技術データを収集・整理・データベース化し、処理・資源化の組み合わせを自動的に検索し、LCAを考慮してコスト・消費エネルギー・環境負荷の点から技術の組み合わせ(処理パス)を評価できるシステムを構築した。具体的には、まずデータベースシステムの技術データフォーム、検索エンジン、インターフェイスなどを Microsoft Access 上に作成し、次に産業廃棄物の処理・資源化技術データに関する各種原単位や計算式を入力した。そして、プラスチック廃棄物の事例について処理パスを検索することでデータベースシステムを評価した。

キーワード: 産業廃棄物, 処理技術データベース, 処理パス検索システム, 環境負荷, 処理コスト

1. はじめに

産業廃棄物は、コストの安い処理や処分プロセスに流れてゆくため、資源化コストより埋立処分コストが安ければ、リサイクルされず埋め立てられてしまう。循環型社会を達成するためには、処理のコストを低減したり資源化物の高付加価値を高める技術を開発するとともに、その技術を積極的に採用することが必要である。

近年の環境意識の高まりを受け、環境に優しくまた資源循環に有効な技術を有した中間処理施設や資源化施設が増えている。しかし、その技術が、産業廃棄物を委託する事業者に周知されているとは必ずしも言えない。環境保全意識の高い事業者あるいは産業廃棄物処理業者であれば、コストだけでなく環境負荷まで配慮して技術選択を行いたいと考えるであろうが、そのためには処理技術のエネルギー消費や環境負荷排出量などの情報を蓄積し利用できるようにすることが必要である。さらに、資源化や処理が多段に組み合わせられる場合には、プロセスの流れ全体についてエネルギー消費、環境負荷、コストなどを評価する必要があるが、それを手軽に実行できるツールは現在のところない。

そこで本研究では、産業廃棄物の処理・資源化技術に関するデータを収集し、産業廃棄物の種類に合った処理と資源化技術の組み合わせ(処理パス)を検索し、エネルギー消費とコスト評価、及び LCA を考慮した環境負荷の評価を行なうための汎用的なデータベースを構築する。さらに、事例としてあげた産業廃棄物の処理パスを検索し、エネルギー消費、コスト、環境負荷の値が妥当かどうかを調べた。

2. 産業廃棄物処理評価ツールの概要

2.1 本研究の位置づけ

産業廃棄物を円滑に処理・資源化するためには、処理・資源化技術についてインプット量やアウトプット量のほかに、環境負荷量の LCA データやコストデータが整備され、排出者や地方自治体がコストのみならず環境負荷も考慮に入れた処理・資源化のパスを選択できることが望ましい。

本研究では、中間処理及び最終処分、資源化に至るまでの一連の処理に係る評価値を計算し、順位付けを行うことによって最適な処理プロセスのパスを検索・確認できるシステムを構築し、処理全体における LCA を評価できるようにする。なお、データベースの作成には Microsoft Access を用いる。

2.2 フロー構築のイメージ

本研究ではデータベースを構築して処理や資源化の組み合わせを生成し評価することを目的としている。その概念図を Fig.1 に示す。

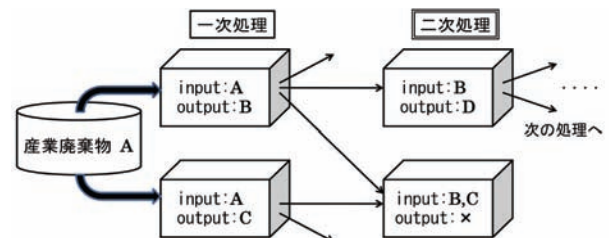


Fig.1: Conceptual diagram

Fig.1は産業廃棄物 A を処理あるいは資源化可能な処理パスの図である。それぞれのパスは一次処理と二次処理といった処理の段階を示しており、1つの技術について、左の技術よりinputの廃棄物を受け入れ、次の技術に output の廃棄物を送るとしている。なお、すべてが資源化物に変わる場合は、output は無いとしている。

このように、技術ごとに投入物と産出物並びに用役と処理コストに関するデータを集めてデータベース化し、1種類の廃棄物から派生する多数の処理系列(処理パス)について比較・評価できるようにしている。

2.3 評価範囲

本研究の評価範囲を Fig.2 に示す。廃棄物が排出される際には、事業者によって廃棄物が収集・運搬され、それが中間処理やその他の処理を経て適切な形状・性質となって最終処分・再生利用されるが、現段階では、図の枠内の範囲である中間処理から最終処分にかけて

のプロセスごとの処理技術のみを評価する。排出事業者からの収集・運搬、及び処理間の収集・運搬の評価は含まれない。

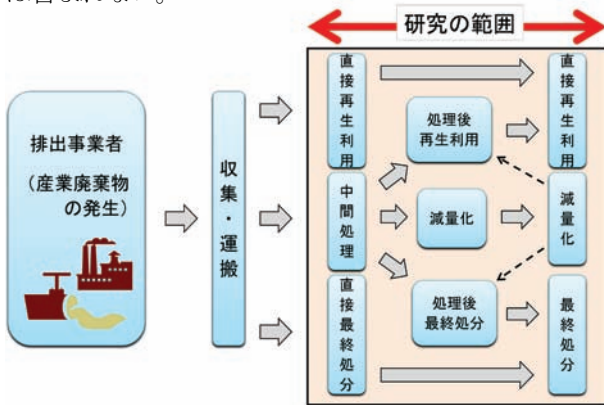


Fig.2: System boundary in this research

3. 研究手法

3.1 研究の手順

Fig.3 に本研究の流れを示す。データベースの枠組みを作成するために、基礎データを設定し、評価システムを開発する。前者の基礎データ設定については、用役原単位を含む各処理技術の原単位、そして計算式などを設定する。また、後者の評価システムの開発については、インターフェイス(外観)の整備や VBA を用いた自動検索プログラムの作成、処理技術登録ページにおける評価項目などを設定する。

処理技術データは、文献調査やメーカーヒアリング調査により収集し、入力する。

最後に、実際にそのデータベースシステムを実行して、処理フローや評価値計算、順位づけ、XML 形式での出力などを行い、システムを評価する。

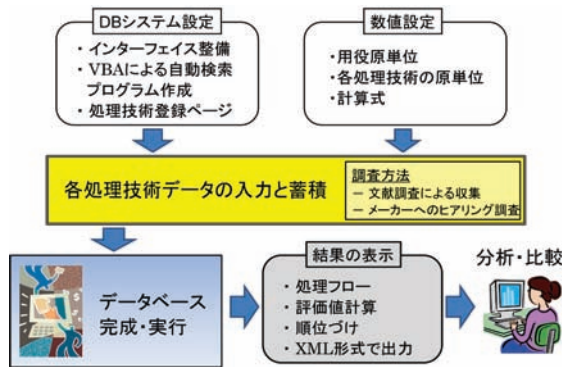


Fig.3: The flow of research

3.2 データ入力項目

処理技術データベースを構築するために、各技術について Table 1 に示す 10 項目のデータを収集した。これには、処理パスの評価のためのコスト・エネルギー・CO₂・資源化量の評価式を含める。

Table 1: The data input items of processing technology

No.	入力要素	内容
1	処理技術(施設)名	処理技術(施設)の名称
2	投入産産種類	投入(処理)する廃棄物の種類
3	産出資源種類	処理において生成された資源化物の種類
4	資源量計算式	投入量に対する資源化物の生成量計算の式
5	産出産産種類	生成された(処理後の)廃棄物の種類
6	産産量計算式	投入量に対する廃棄物の生成量計算の式
7	コスト評価式	処理にかかるコストの計算式(円)
8	消費エネルギー評価式	処理において消費されるエネルギーの計算式(MJ)
9	CO ₂ 評価式	処理で発生するCO ₂ の計算式(kg-CO ₂)
10	処理能力	1時間で処理できる廃棄物量(トン)

Table 2 に産業廃棄物及び資源化物の種類を分類した表を示す。まず産業廃棄物 20 種類を大分類とし、それを中分類として 23 種類に分類した。そこから小分類として、マニフェストシステムによる産業廃棄物の区分表¹⁾に基づき、投入(産出)されるであろう廃棄物を 63 種類に分類した(スラグ・処分のための処理物については未検討)。また、処理の段階で資源化物として排出される物質については投入(産出)産業廃棄物としては設定せず、別のフィールドにおいて再利用・再生利用物質として 14 種類を設定した。

Table 2: The classification of input (output) industrial waste and recycling materials

投入(産出)産産種類の小分類(63種類)			資源化物(14種類)
無し	繊維くず	ゴム焼却灰	無し
焼却灰	動植物性残さ	金属処理物	溶融スラグ
有機汚泥	動物系固形不要物	金属焼却灰	コンポスト
無機汚泥	動物のふん尿	非金属処理物	ガス化燃料
一般廃油(鉱油性・動植物性油)	動物の死体	非金属焼却灰	混合材料
その他の廃油	処分のための処理物	ガラス処理物	路盤材
炭酸	有機汚泥処理物	ガラス焼却灰	油化燃料
炭アルカリ	有機汚泥焼却残さ	コンクリート処理物	固形燃料
炭タイヤ	無機汚泥処理物	コンクリート焼却灰	電力
プラスチック類	無機汚泥焼却残さ	アスファルト処理物	熱エネルギー
ゴムくず	炭酸(焼却)残さ	アスファルト焼却灰	炭化物
金属くず	炭酸処理物	紙処理物	灰材料
非鉄金属くず	炭酸(焼却)残さ	紙焼却灰	ケーキ類
ガラスくず	炭アルカリ処理物	木処理物	原料
コンクリートくず(陶磁器くず)	炭アルカリ(焼却)残さ	木焼却灰	
スラグ	タイヤ処理物	繊維処理物	
コンクリート破片	タイヤ焼却灰	繊維焼却灰	
アスファルト	プラスチック処理物	動植物性焼却灰	
ばいじん	プラスチック焼却灰	動物性焼却灰	
紙くず	プラスチックくず	ふん尿液体物	
木くず(木製品含む)	ゴム処理物	ふん尿固形物	

3.3 数値の設定

Table 3 に本データベースで用いる処理技術評価に必要な用役のコスト・エネルギー消費・CO₂ 排出の原単位を示す。コストについては 2005 年～2006 年時点での電力や燃料価格などのデータを用いた。

Table 3: The basic units in terms of services in treatment process²⁾

	単位	コスト(円)	エネルギー(MJ)	CO ₂ (kg-CO ₂)
電力	kWh	22	9.97	0.555
灯油	L	75	36.7	2.49
A重油	L	70	39.1	2.71
都市ガス	Nm ³	160	45	2.28
液化天然ガス(LNG)	kg	835(/百Wbtu)	54.5	2.698
液化石油ガス(LPG)	kg	300	50.2	3
ガソリン	L	140	34.6	2.32
軽油	L	95	38.2	2.62
工業用水	m ³	20	13.1	0.642

また、Table 4 には埋立についての原単位を示す。コストは既設処分場の受入コストの平均値とした。CO₂ とエネルギーについては、CO₂ 排出量原単位を 37.17(kg-CO₂/m³)、エネルギー消費量原単位を 364.36(MJ/m³)とした。各廃棄物の重量換算係数を用いて体積ベース(m³)から重量ベース(t)に換算した。

Table 4: The basic units in terms of landfill³⁾

	埋立コスト	CO ₂ 排出量	エネルギー排出量	重量換算係数
燃えがら	17408(11)	32.6	319.6	1.14
有機汚泥	15191(3)	33.8	331.2	1.1
無機汚泥	14873(11)	33.8	331.2	1.1
炭プラスチック類	24385(9)	106.2	1041.0	0.35
紙くず	9000(2)	123.9	1214.5	0.3
木くず	13916(3)	67.6	662.5	0.55
繊維くず	33425(2)	309.8	3036.3	0.12
動植物性残渣	27250(1)	37.2	364.4	1
ゴムくず	21135(6)	71.5	700.7	0.52
金属くず	9946(8)	32.9	322.4	1.13
がれき類	12378(12)	37.2	364.4	1
ガラス、陶磁器くず	12853(12)	37.2	364.4	1
銻さい	12749(11)	37.2	364.4	1
ばいじん	19740(10)	29.5	289.2	1.26

円/t kg-CO₂/t MJ/t t/m³
()内はデータ数

3.4 計算式の設定

評価値計算のためのコスト・エネルギー・環境負荷の計算に用いる基本式を Fig.4 に示す。

$$\textcircled{A} \times \frac{\text{使用量(kWh, L/h, m}^3\text{/hなど)}}{\text{処理能力(t/h)}} \times \text{原単位(円/kWh, kg-CO}_2\text{/L, MJ/m}^3\text{など)}$$

@ : 処分量(t)

Fig.4: Fundamental formula to estimate cost, energy and environmental load

@は投入量(t)を表わす。この値に1時間当たりの用役使用量をかけ、処理能力(1時間当たりの処理量)で割ることにより全処理に対する用役使用量を算出する。さらに用役の負荷排出量の原単位をかけて、コスト・エネルギー消費・環境負荷の評価値を求める。

3.5 計算と結果の出力

Fig.5 はコンクリートくず 1t を処理する場合の、処理パスの表示までの本システムの流れを表している。

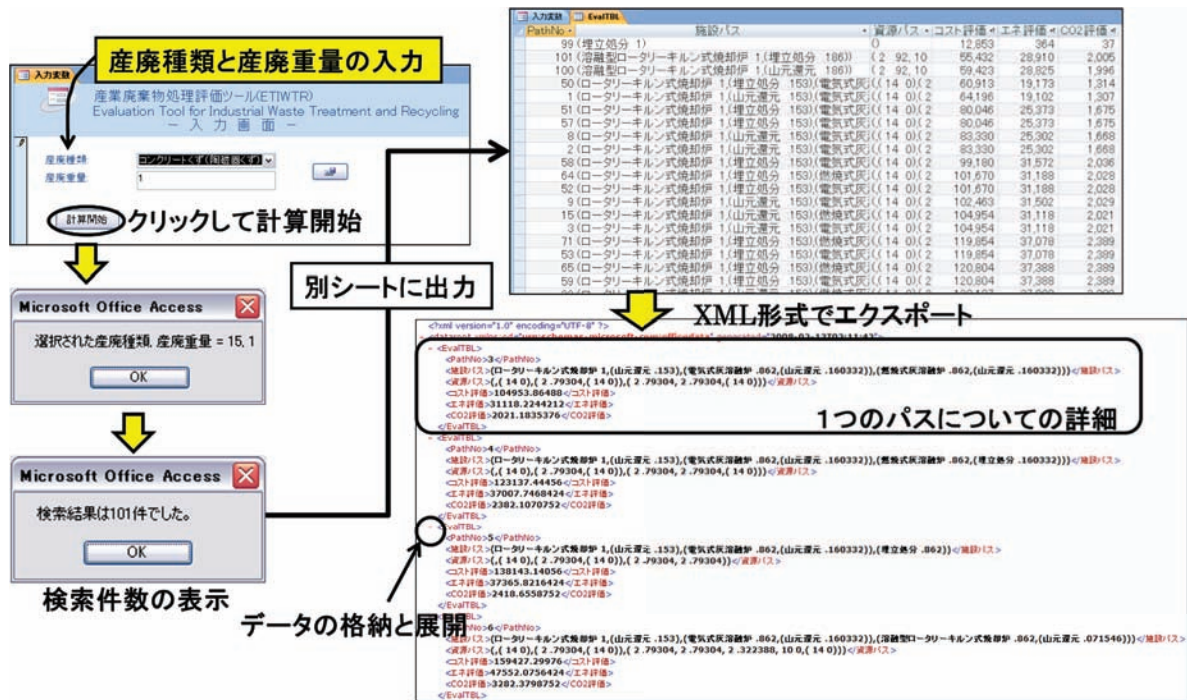


Fig.5: An example of system execution: searching treatment paths of concrete waste

4. 計算例

本研究で構築した産業廃棄物の技術評価システムを用いて、Table 5 に示す産業廃棄物を対象として処理パスの計算を行ない、その計算部分について示す。この表は廃プラスチック 1トン进行处理する時の評価値計算の結果である。

表ではコストの低い方から順に並び変えている。計算では、処理施設をパスとそこから発生する資源化製品が列挙させるが、表ではそれを分かりやすく処理のフローとして表している。各処理に付帯している数字はその

最初に処理したい産業廃棄物の種類をドロップダウンリストから選択し、産業廃棄物の重量(t)の数値を入力する。入力された産業廃棄物と登録されている処理技術の投入廃棄物との一致が検索され、次にその処理技術の産出廃棄物と別の処理技術の投入廃棄物との一致が検索される。この検索操作が繰り返されることにより、処理可能なパスが網羅的に生成される。

最終的にすべての検索された処理パスが検索件数とともに別のシートにリスト表示される。検索の過程で計算されたコストやエネルギーは、最終的に総コストと総エネルギー消費量としてシートに併記される。この表を、コストが小さい順あるいは環境負荷が少ない順などに並び替えることによって、目的にあった処理パスを探すことができる。

さらに見やすくするため、別シートに処理パスをXMLで記述することができる。これにより結果をツリー構造で表示ことができ、特定のパスのみを表示(データの格納と展開)する機能を利用することができる。

処理に回る廃棄物の量を表す。コスト評価、エネルギー消費)評価、CO₂(排出)評価は、パス全体のコスト、エネルギー、CO₂を総和したものである。この結果は一部を抜粋したものであり、5番のパスが最もコストが安いことを表している。また、セメント原料化を最初の処理としないパスでは、コストが急に高くなるのがわかる。このように、本ツールを用いると、処理の組み合わせを網羅的に生成し、全体のコスト、エネルギー、CO₂の評価軸として、適切な処理フローを選ぶことができる。

Table 5: The result of evaluation value calculation

パス番号	パスのフロー(カッコ内は重量)	コスト評価	エネ評価	CO ₂ 評価	パス番号	パスのフロー(カッコ内は重量)	コスト評価	エネ評価	CO ₂ 評価
5	セメント 原燃料化(1) → セメント原料(0.90) → ローターキル ン式焼却(0.10) → アーク式電気溶 融(0.0118) → ばいじん埋立 (0.0071) → 熔融スラグ (0.0098) → 残渣埋立 (0.002)	4133	1890	329	32	油化(1) → 油化燃料 (0.825) → ローターキル ン式焼却(0.175) → アーク式電気溶 融(0.021) → ばいじん埋立 (0.012) → 熔融スラグ (0.0172) → 残渣埋立 (0.0035)	11757	5671	722
1	セメント 原燃料化(1) → セメント原料(0.90) → プラ埋立(0.10)	5430	1497	91	36	油化(1) → 油化燃料 (0.825) → ローターキル ン式焼却(0.175) → 焼却灰埋立(0.02) → ばいじん埋立 (0.012)	12064	5558	716
26	高炉原料化 (1) → 高炉原料(0.9767) → ローターキル ン式焼却(0.0233) → 焼却灰埋立(0.00215) → ばいじん埋立 (0.0017)	11252	5081	335	13	ロータリーキ ルン式焼却(1) → アーク式電気溶 融(0.071) → 熔融スラグ (0.059) → 残渣埋立(0.012) → 焼却灰埋立(0.118)	13763	5693	2526
15	ロータリーキ ルン式焼却(1) → アーク式電気溶 融(0.118) → ばいじん埋立 (0.071) → 熔融スラグ (0.098) → 残渣埋立(0.02)	11409	4973	2483	11	プラ埋立(1)	24385	1041	106

5. さいごに

本研究では、産業廃棄物の処理フローを構築するツールを作成し、用いた場合の評価計算の事例を示した。成果として、産業廃棄物の排出から処分までの処理全体のプロセスおよび評価値を表示・計算できるシステムを構築でき、処理フロー全体から計算した評価値の順位づけが可能になった。一方、今後の検討項目として、以下の項目が挙げられる。

- ① 収集・運搬も評価に加えたシステムの構築
- ② 原単位を利用者側が入力できるフォームの整備
- ③ 情報公開の体制について
(データ収集の可否項目)
- ④ 処理施設へのアンケート実施

これらの検討を加え、さらなるデータベースの機能および実用性の向上を目指す予定である。

【参考文献】

- 1) 財団法人日本産業廃棄物処理振興センター:電子マニフェストシステム 各種コード表(2007)
- 2) 環境省:特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令 別表第1(2006)、経済産業省:エネルギー使用の合理化に関する法律施行規則 別表第1(2006)、松藤ら:一般廃棄物処理システムのコスト・エネルギー消費量・二酸化炭素排出量評価手法の提案 土木学会論文集 No.678 pp.55(2001)
- 3) 環境省:産業廃棄物管理票に関する報告書及び電子マニフェストの普及について 別添2—産業廃棄物の体積から重量への換算係数(参考値)(2006)
- 4) 富士総合研究所:循環経済社会モデルの更新のためのデータ収集およびプログラム作成作業報告書 pp.34(2000)