

(5) 廃棄物処理分野におけるエキスパートシステムの適用可能性について

POSSIBILITY OF APPLYING THE EXPERT SYSTEM IN THE SOLID WASTE DISPOSAL SERVICES

広兼 道幸*, 羽原 浩史**, 松藤 敏彦***, 田中 信寿****
Michiyuki HIROKANE, Hiroshi HABARA, Toshihiko MATSUTO, Nobutoshi TANAKA

With recent increasing solid waste generation, the regularization of the solid waste disposal services is an important issue to all the municipalities. However, the standards and procedures for the proper efficient solid waste disposal have not established yet, and there is also a shortage of well trained experts for solid waste disposal. Consequently, it is quite difficult to analyze the existing solid waste management system and to develop future planning. In this study, possibility of applying the expert system (ES) to the solid waste disposal services was discussed to build up the ES, the ideas of the expert about present activities and future planning are analysed and information concerning the solid waste disposal services are compiled. A couple of examples on how ES should be developed for the solid waste disposal services was also shown.

Key Words: expert system, data base, knowledge base, waste disposal services, regularization of waste disposal services

1. はじめに

廃棄物の発生量は以前にも増して増加を示し、大きな社会問題となっている。これには、経済活動の活発化に伴う事業系ごみの増大と、消費の拡大が広く浸透した結果による生活系ごみの増大が原因となっている。こうした状況のもとで、自治体においては、ごみ（一般廃棄物）処理事業を適正に行うことが必須の課題である。

しかし、ごみ処理事業自体が体系化されたものではなく、事業適正化のための基準や手法が確立されていないことから、各自治体は自らのごみ処理事業が現在どのような状況にあるのか、客観的に評価することができない状況にある。また、事業計画に当たっても、専門的な知識および熟練した計画担当者の不足のため、適切な事業計画が行えず、大きな損失を被る自治体が間々ある。小さな自治体においては、特にこのようなことが顕著と言えよう。

今回、諸分野で注目されているエキスパートシステム（ES）を廃棄物処理分野に適用することを考え、その可能性について検討を行った。すなわち、ごみ処理事業を診断、もしくは計画するためのESの構築を目的に、診断、計画の際に専門家のとる思考形態を分析し、ごみ処理事業に関連する知識の整理を試みたものである。

* 復建調査設計株式会社 開発本部情報システム室（〒732 広島市東区光町2丁目10-11）

** 復建調査設計株式会社 環境技術部環境計画課（〒732 広島市東区光町2丁目10-11）

*** 工博 北海道大学助教授 工学部衛生工学科（〒060 札幌市北区北13条西8丁目）

**** 工博 北海道大学教授 工学部衛生工学科（〒060 札幌市北区北13条西8丁目）

2. 廃棄物処理分野におけるESの適用可能性

ごみ処理事業の専門家を考えると、その持つ知識には2通りあると考えられる。ひとつは原単位の推定や施設のコストなどの量的な情報に関する知識であり、もうひとつは処理形態の選択、判断の重みづけ、評価などの経験や勘にたよる知識である。量的な情報に関する知識は、既存のデータベースを利用することで知識の獲得が可能である。従って、現在はあまり整備されているとは言えないデータベースを、解析可能な形、あるいは信頼性の高いものに整備していく必要がある。また、経験や勘にたよる知識は、ESが取り扱うことができる分野であり、専門家へのインタビューや文献などから知識の獲得が可能である。

ごみ処理事業に関して技術者に要請される課題は、診断、計画、予測、代替案策定の4つに分類できる。ここで、診断とは、現状のごみ処理事業を診断するもので、事業の現状を評価して問題点の指摘を行うことを言う。計画とは、現状の事業の見直しや新規の事業が必要とされた場合のごみ処理事業の計画を行うことを言う。予測とは、

最適な計画を策定するために、事業の現状から将来の事業を予測することを言う。また、代替案作成とは、診断と並行して行われるべきもので、診断結果から指摘された問題点に対して、代替案を提示して、その良否を評価することを言う。

また、ごみ処理事業自体は、発生、収集・輸送、中間処理、最終処分、各プロセスにおいて診断、計画、予測、代替案策定の課題が課せられる。本研究では、図-1に示すように、診断システムと基本計画策定システムの2つに分類して、ごみ処理事業を最適化するためのESを構築している。診断システム¹⁾は、ごみ処理事業全体の現状を診断し、将来を予測するものである。基本計画策定システム^{2), 3)}は、診断結果より問題

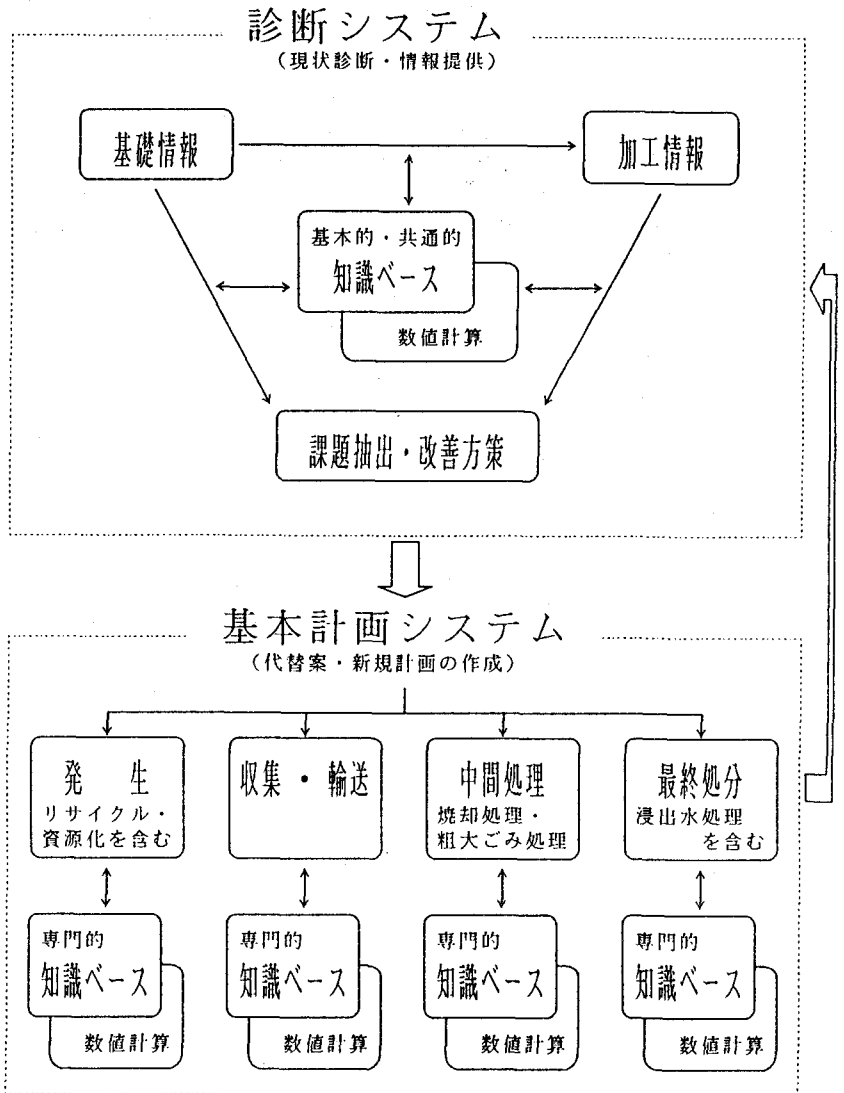


図-1 廃棄物事業におけるESの概念図

点が抽出された場合、問題点が存在するプロセスの基本計画を吟味し、最適な施設の設計・計画を提示するためのものである。

基本計画策定システムは、ごみ処理事業のプロセスに対応する4つのサブシステムからなる。発生サブシステムでは、自治体における現在のごみ量とその内訳、発生の変動などについて診断し、現在や過去のデータから将来のごみ量の予測を行い、さらに資源化・分別方法の変更を行った場合の収集区分ごとのごみ量・組成を提示する。収集・輸送サブシステムでは、現在のシステムにおける、コスト、人員、車両台数などについて診断し、現在の収集・輸送システムを継続した時のシステムの限界を予測し、分別方法や収集回数などの代替案を実施した時の影響を提示する。中間処理サブシステムでは、現在のシステムにおける、コスト、人員、処理量などや施設の利用状況について診断し、将来の処理量の推定結果に基づき、システムの将来における使用可能性の予測を行い、炉形式、破碎設備形式などの変更や他プロセスの付加などの代替案を提示する。最終処分サブシステムでは、現在のシステムにおける、コスト、人員、環境保全などについて診断し、将来のごみ量の推定結果に基づき、処分場の利用可能年数の予測を行い、処分場の更新・増設などの可能性に関する推測結果を提示する。

3. 診断システム

診断システムは、現在のごみ量、人口などの量的なデータをもとに、ごみ処理事業の診断を行うためのものである。そこで、このシステムは評価基準の定量化を目的に、厚生省が実施する調査に基づくごみ処理事業実態調査統計資料、廃棄物施設データブック、諸施設のパンフレット、および自治体の清掃事業概要などをもとにデータベースを作成した。これらのデータをもとに、ごみ量、人員、コストなどが他の自治体と比較して多いか少ないかの判断を行っている。評価項目の中には、自治体の規模により値に差があるものが多い。そこで、ある程度、同じ規模の自治体と比較することができるよう、人口によってデータベースを7つのカテゴリー（①35,000人以下、②35,000～50,000人、③50,000～75,000人、④75,000～100,000人、⑤100,000～200,000人、⑥200,000～500,000人、⑦500,000人以上）に分類した。各人口カテゴリーは、そこに含まれる自治体数がほぼ同じになるように決めた。また、各項目は自治体ごとのばらつきが非常に大きいので、値の大小は算術平均や標準偏差でなく、分布の位置の代表値である上四分位数（累積度数75%値）と下四分位数（累積度数25%値）によった。まず、診断しようとしている自治体の人口を入力し、比較

を行う他の自治体を指定する。診断の内容はごみ量、処理システム、処理コストの3項目である。ごみ量の診断では、家庭系ごみ量と事業系ごみ量のそれぞれについて比較を行う。

図-2は家庭系ごみ量の診断画面であり、棒グラフの左から人口カテゴリー①～⑦に対応している。また、棒グラフの上端が上四分位数で、下端が下四分

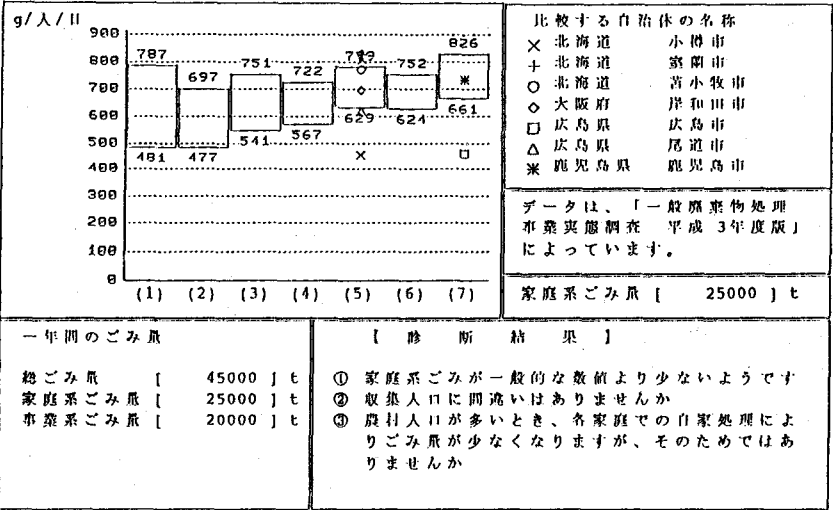


図-2 家庭系ごみの診断結果の表示画面

数に対応している。棒グラフ中の記号は凡例に示している自治体のデータ、および診断している自治体のデータであり、このグラフを見る事で、画面下端に表示される診断結果を、視覚的にも捉えることができる。他の評価基準についても同様のグラフが表示され、同時に診断結果も表示される。

4. 基本計画策定システム

診断システムの診断結果として、より適切な事業計画が必要とされる部分があった際、該当する部分の基本計画策定システムを起動させる。このシステムは、診断結果を受けて、ごみ処理をどのようにすれば適切であるかを判断し、代替案および新規計画案を提案するものである。ここでは、これらの基本計画策定システムの中から、ほぼ完成形に近い、収集・輸送プロセスにおける「収集・輸送計画支援サブシステム」³⁾と中間処理プロセスの「中間処理施設計画支援サブシステム（ごみ焼却処理施設）」²⁾について簡単に解説する。

4. 1 収集・輸送計画支援サブシステム

収集・輸送計画の立案は、分別の種類（可燃、不燃、粗大、資源ごみなど）が多種多様であること、収集システムの選択肢（収集頻度、収集車の大きさなど）が豊富であること、および自治体ごとに地域特性が異なることなどのため、極めて自由度が高いプロセスである。

本システムは、基本的には図-3に示すような流れとなっており、現在の収集作業に関するパラメータの推定部分と収集計画の変更・評価部分に分かれる。この内、パラメータの推定は自治体の特性、および現行の収集業務に関するデータ（人口、収集域の面積、収集ごみ量、分別方法、収集車の車種など）を入力して、収集域のステーション数、ステーション間平均移動距離、収集現場から処理場までの平均輸送距離などから作業に要する時間を

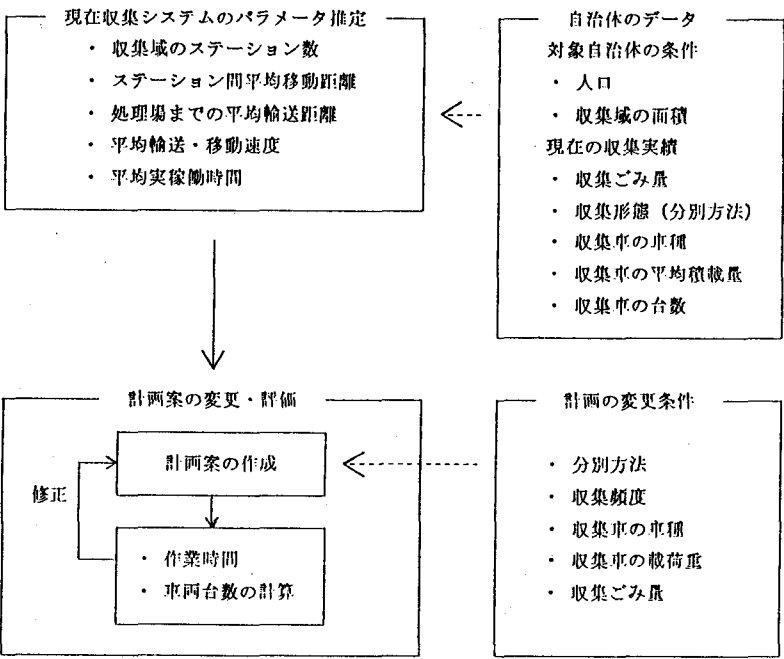


図-3 収集・輸送計画支援サブシステムの概念図

推定した。これらの推定には今までに報告されている文献より収集・整理したデータも使用した。また、収集作業のパラメータ（収集車の速度、パッカー車へ可燃ごみの積み込み速度、不燃ごみ・粗大ごみの収集車種別の積み込み速度）については、これまでに筆者らが行った調査および調査記録（ビデオ）などから推定した。このようにして求めたパラメータをもとに、式（1）の関係を用いて平均実稼働時間を推定した。ここで、自治体ごとの車両台数は既知である。

総作業時間＝車両台数×平均実稼働時間 ----- （1）

さらに、このサブシステムでは収集計画（分別方法、収集頻度、収集車の車種など）の変更に対する作業時間や収集車の必要台数を推定することで、収集・輸送計画を評価することができる。本サブシステムで変更可能な条件は、図-3の右下の枠内に記述されているとおりであり、あまり多くない。しかし、これらの条件は様々な組み合わせで変更することができる。また、分別方法を変更すると、それぞれのごみ量が変わり、さらに収集頻度を変更すると、1回に収集するごみ量も変わってくるなど、ひとつの条件の変更が他の条件に及ぼす影響も考慮されている。また、収集するごみ量は年平均だけでなく、祝祭日における収集の休止に伴う次回収集日におけるごみ量の増加、1週間の中での収集ごみ量の変化などを考慮し、実際に起こりうる収集ごみ量の変動に対する収集作業への影響も表示できる。本サブシステムは対話形式であり、計画案の変更を何度も繰り返し、最適な収集・輸送計画の策定を可能とするものである。

4.2 中間処理施設計画支援サブシステム（ごみ焼却処理施設）

中間処理には、焼却処理や粗大ごみ処理などがあるが、この内の焼却処理を行うための施設に関する、ごみ焼却処理施設計画支援サブシステムを構築した。ごみ焼却施設の設計に必要な知識は、筆者らの知見と構造指針解説などの文献に加えて、焼却炉メーカーの専門家に対するヒアリングから獲得した。

本サブシステムは、基本的には図-4に示すような流れで、施設の計画を行っている。まず計画処理量、計画収集人口、施設規模など基本的な計画値を入力し、環境基準を満足するように、固形物・ガス・熱の収支計算を行い、各パーツを選択していく。このように、各パーツを選択するための個々の部分については、数値計算による量的なデータと、焼却施設の各パーツの選択に関する経験的な知識が複雑に関係している。

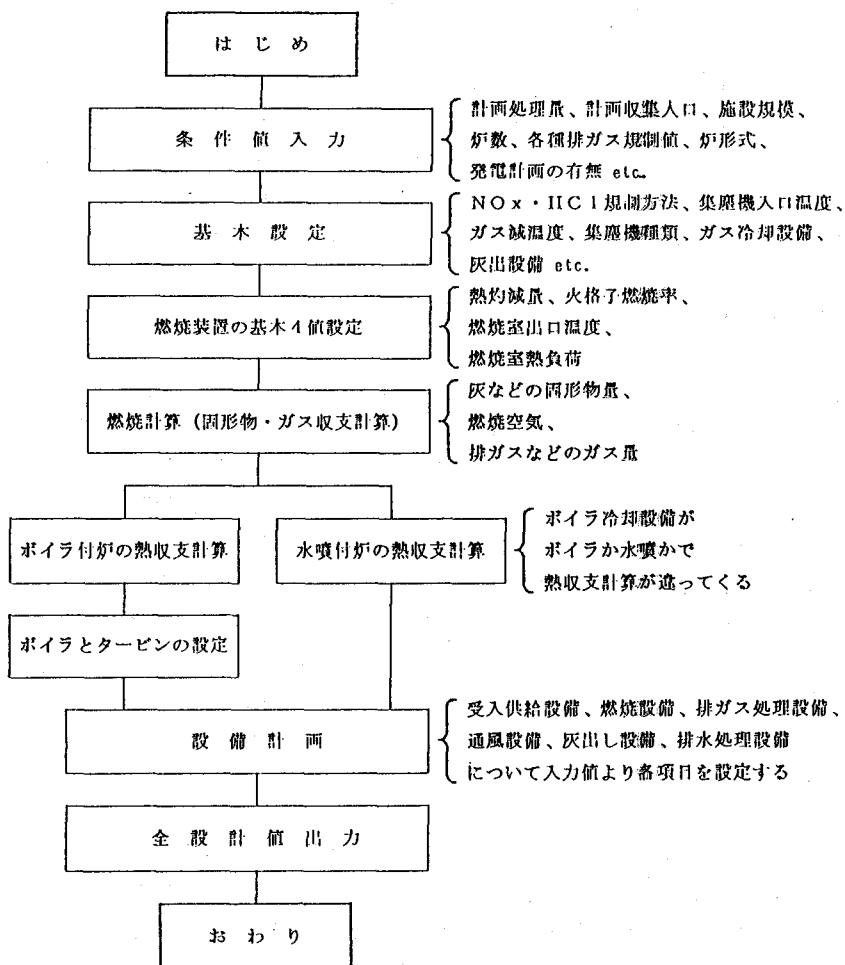


図-4 中間処理施設計画支援サブシステム（ごみ焼却処理）の概念図

図-5は、ガス冷却設備を選択するための知識の一部であるが、他の各パーツを選択するための知識もこのようなルールで表現されている。図-5は、炉の形式が全連続式であり、施設規模が300t/day未満で、発電計画がない場合に、計画総利用熱量(kcal/h)によって、ガス冷却設備としてボ

もし	1) 炉の形式は'全連続式'
かつ	2) 施設規模(t/day) < 300
かつ	3) 発電の計画は'ない'
かつ	4) 計画総利用熱量(kcal/h) >= 水噴付炉の熱利用可能量(kcal/h)
かつ	5) 計画総利用熱量(kcal/h) <= ボイラ付炉の熱利用可能量(kcal/h)
ならば	6) ガス冷却設備は'ボイラ'
7) 接合子優先順位: または	
8) 解説	
ガス冷却設備の選択	

図-5 ガス冷却設備の選択に関する知識表現例

イラを選択するための知識を表現したものである。

本サブシステムには以下のような特徴がある。

- ① 原則的に、作業は項目ごとに対話形式で進める。
- ② 計画収集量、計画収集人口、施設規模、炉数、炉形式などの基本的な計画値については、既知であることを前提とし、ユーザーが入力する。
- ③ 入力された計画値に基づき、知識ベースのルールに従って作業を進める。
- ④ 項目によってはユーザーの選択が必要で、システムの質問に対して、ユーザーが入力する。
- ⑤ 項目および設定方法をユーザーが理解できるよう、それぞれの解説を画面に表示する。

以上のような特徴を持つことから分かるように、本システムは獲得・整理した知識をユーザーに設計のための情報として提示し、最適なごみ焼却処理施設計画の策定を支援することができる。

5. あとがき

我が国のごみ処理事業は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」において市町村の固有の事務とされているが、各自治体のごみ処理事業は複雑かつ多様であり、廃棄物処理分野の研究者・専門技術者も不足していることから、これまで事業適正化の基準や手法が体系的に研究されてこなかった。これらに加えて、近年、廃棄物処理分野ではリサイクル、ごみの減量化、週休2日制の導入による収集体制の変更などの要請もあり、ごみ処理事業の現状診断や計画策定の手法の確立が急務の課題となっている。

本報において、自治体のごみ処理事業を対象としたESの適用可能性と筆者らが実際に構築した診断システム・基本計画策定システムの事例を示した。今後、ごみ処理プロセスに沿った計画支援サブシステムを順次構築し、ごみ処理コスト、使用エネルギー並びに環境影響などの評価指標に基づいて、各自治体の地域特性に応じて収集形態(分別方法、収集頻度)や処理形態を選択できるシステムを構築していく予定である。

参 考 資 料

- 1) 東條安匡、松藤敏彦、田中信寿、神山桂一、羽原浩史：廃棄物管理エキスパートシステムの知識ベース構築に関する基礎的研究、第2回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.25-28, 1991.
- 2) 安達弘幸、松藤敏彦、田中信寿、羽原浩史、広兼道幸、角田芳忠：ごみ焼却処理施設設計支援システム構築のための研究、第3回廃棄物学研究発表会講演論文集, pp.231-234, 1992.
- 3) 松藤敏彦、田中信寿、井上陽仁、羽原浩史、広兼道幸：都市ごみ収集輸送計画策定エキスパートシステムの知識ベース案作成、第4回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.157-159, 1993.