

(21) 廃棄物処理施設立地選定のための代替案選択支援システムの開発

DEVELOPMENT OF DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM FOR SITE SELECTION
OF DOMESTIC WASTES TREATMENT FACILITIES

古市 徹*、 高松善一**

Tohru FURUICHI*、 Zen-ichi TAKAMATU**

ABSTRACT; The purposes of this paper are to clarify the process of consensus-making for site selection of solid waste management based on the frame of "solving problem", and to develop the decision-making support system to achieve reasonable convergence of different opinions with many participants. A decision-making support system for the choice of alternatives plays the most important role in the process of consensus-making. We apply the method of AHP (Analytic Hierarchy Process) to our decision-making support system. The AHP is suitable for multiobjective evaluation under the complex and vague circumstances. We conduct the sensitivity analysis about the influence on decision-making by considering the distribution of participants' opinions.

KEYWORDS; decision-making support system, site selection, public participation,
Analytic Hierarchy Process, sensitivity analysis.

1. はじめに

廃棄物処理施設の立地選定に際しては、全国各地で住民と行政の間で対立が起こっている。立地選定における紛争は、主として建設しようとする行政と施設用地の周辺住民との間に起こるが、紛争解決のための行政側の主要な課題は、適切な情報の伝達と合意形成のための場の形成であると考えられる。本論では、廃棄物処理計画における立地選定に関する合意形成プロセスを、「問題解決」のフレームから明確化し、そのプロセスの一部である多主体間での意見収束を、合理的に行うための代替案選択支援システムを開発することを目的とした。本研究は、合理的な合意形成を支援する分散協調型システムを開発する一環として取り組まれたものであり¹⁾、その目指すところは、廃棄物処理施設の立地選定を円滑に行い、廃棄物処理計画の推進に資することである。

合意形成支援システムにおいて最も重要なテーマは、各主体の意見を収束させることであり、多くの場合、それはいくつかの代替案の中から1つを選択することである。このような多者択一型の問題を解く方法は、これまで数多くの手法が提案されてきた。これらの方法のほとんどは、定量的に扱える情報に基づいており、高度に数理的な方法論を用いている。しかしながら、最近では定性的な情報（例えば、あいまいかつ主観的な情報）による判断を要求されることが多くなり、これまでの手法では対応できなくなっている。例えば、廃棄物処理計画の合意形成の問題のように、評価基準がたくさんあり、しかも互いに共通の尺度がなく、価

* 国立公衆衛生院衛生工学部 Department of Sanitary Engineering, The Institute of Public Health

** (株)環境管理センター Environmental Control Center Inc.

値判断を数値化しにくく、データが取りにくいというような問題が多くなっている。AHP (Analytic Hierarchy Process) ²⁾ は、このような複雑で曖昧な状況下で利用できる手法であり、決定に関連した要素 (評価要因) を階層構造によって表現し、定性的・定量的な評価項目が混在していても比較できる手法である³⁾。本論では、特にこのAHPの手法において、代替案選択プロセスにおける意見のバラツキが意思決定にどの様に反映するかを、合意形成の流れの中で感度解析的に検討した。

2. 計画策定と住民参加

2. 1 住民参加方式について

生活環境をどの位の保全レベルにするべきかというような問題は、本来、そこに生活している地域住民が判断すべき問題であり、専門家や行政は、地域住民の判断を支援すると言う立場をとるべきである。しかし、現状では行政が地域住民に適切な情報を与えず、また住民の意向を十分に汲み上げないために紛争が生じている。このような状況においては、住民参加による合意形成が必要である。住民参加の方式には種々のものがあり、住民参加の機能によって分類すると、表-1の通りである⁴⁾。一方、情報の流れに着目して分類すると、表-2のように考えられる。

一般に、住民は単一体とみなすことができない多面的な存在であるが、利害、共通の価値観、距離的な近接性等によってまとめられグループ化される。その各グループには、それぞれに適した住民参加の手法がある。したがって、住民参加を考える際には住民の識別を的確に行う必要がある³⁾。

廃棄物問題のような環境施策における行政と住民との合意形成では、問題に対するお互いの認識を深めるために、必要情報が正しく住民に伝達される一方、住民の意見が行政に反映されることが必要である。また、住民と行政をつなぐ仲介者として、知識・経験などの情報提供者として専門家のはたす役割が大きいと考えられる。したがって、集団合意形成には、これら三者が一同に介して合意形成を進めることのできる委員会方式が良いと考えられる。現実には、東京都武蔵野市では、この方式によって廃棄物中間処理施設の立地選定を行い成功をおさめている⁵⁾。

2. 2 計画策定における住民参加の位置付け

一般廃棄物処理事業は、市町村の固有事務のひとつであり、市民生活に密着した地方行政の中での対応が必要とされるものである。一方、廃棄物は、市民自体が主要な発生者であり、その処理計画を考える際に市民協力は重要な因子である。従って、廃棄物処理計画における市民参加の持つ意味は大きいと言える。本研究では、廃棄物処理計画を従来は不明確であった構想段階からの計画プロセスとして考え、基本構想化、構想計画、基本計画、整備計画、実施計画の5つのプロセスからなると考える。そして図-1に示すように、各計画段階において、市民参加

表-1 住民参加方式の機能による分類

住民参加の機能	主な手法
情報伝達	情報公開、ホットライン、マスメディア利用
情報収集	調査、デルファイ、住民ヒアリング
概念計画	ワークショップ、Advocacy Planning、Charette
基本計画	市民委員会、相互有線テレビによる参加
意思決定	市民投票
参加プロセス支援	市民雇用、市民謝礼金、市民訓練

表-2 住民参加方式の情報の流れによる分類

コミュニケーションルート	主な手法
行政 → 住民	広報、広告
行政 ← 住民	投書、世論調査
行政 ↔ 住民	委員会、討論会、ワークショップ

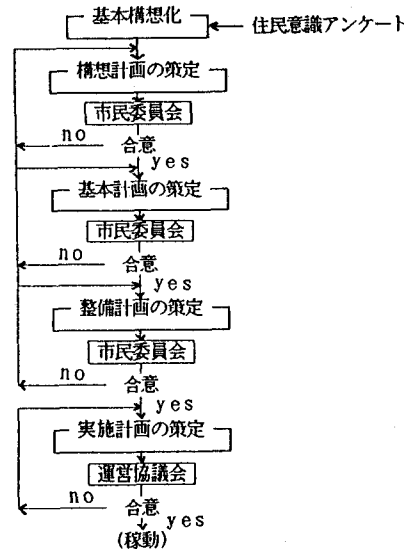


図-1 廃棄物処理計画における住民参加

の委員会を計画のチェック機構として設置することによって、段階的な合意形成がはかれるものとする⁶⁾。

以下の項では、廃棄物処理施設立地選定プロセスを例にとって構想計画段階以降の各計画段階における住民参加の考え方の一つの案を示す。

(A) 構想計画段階における住民参加

構想計画は、行政における基本構想に基づいて廃棄物計画を具体的な計画問題として認識し、その地域特性に応じた概念設計を行うプロセスである。立地選定については、関係部局、住民代表、専門家からなる専門委員会で検討し、プレ・スクリーニングによって複数候補地を選定する。構想計画における住民参加の例を図-2に示している。

(B) 基本計画段階における住民参加

基本計画は、ごみ発生・排出制御計画、収集・輸送計画、中間処理計画、最終処分計画、事業経営計画を立案する。立地選定については、最終候補地を決めるものであり、関係部局、候補地住民代表、市民代表、専門家からなる専門委員会で検討する。基本計画における住民参加の例を図-3に示している。

(C) 整備計画段階における住民参加

整備計画段階では、公害防止対策、地元還元施策、環境監視などについて、前の計画段階で決められたことの性能（機能）チェックに関する合意形成のための住民参加が必要である。整備計画における住民参加の例を図-4に示している。

3. 代替案選択支援システム

3.1 合意形成の定式化

本研究では、合意形成のプロセスを「問題解決」としてとらえている。ここで、「問題」とは、目標と現状との間に存在するかい離を指し、「問題解決」とは、そのかい離を埋めるために目標を変えたり、制約範囲の中で除去可能な障害を取り除いたりして実行可能な目標へのパスをつけることと考えることにする。

合意形成は、現実には異なり隔たりのある複数主体の意見が一致することを目標とした時の問題解決行為といえる。本研究において問題解決としてとらえた合意形成のプロセスは、図-5に示す4つのプロセスからなっている。

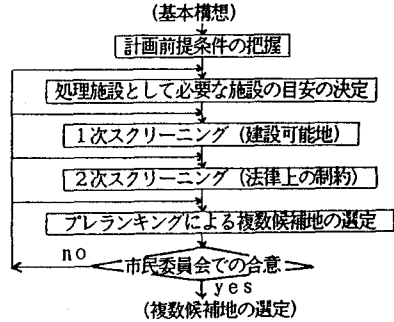


図-2 構想計画における住民参加

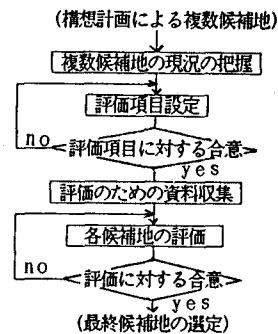


図-3 基本計画における住民参加

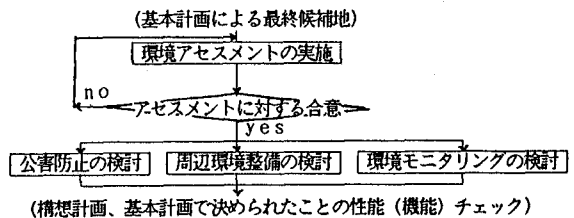


図-4 整備計画における住民参加

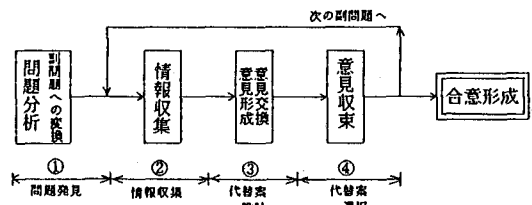


図-5 合意形成のプロセス

- ① 問題発見プロセス： 合意形成における問題の明確化と、その問題をいくつかの副問題へ変換するプロセスである。
- ② 情報収集プロセス： 各副問題の解決に役立つ情報の収集をデータベース、知識ベースなどの利用を通して行うプロセス。
- ③ 代替案設計プロセス： 副問題解決のための意見形成と、各主体間での意見交換を行うプロセス。
- ④ 代替案選択プロセス： 各主体の意見を体系化し、提出された代替案を評価するプロセス。

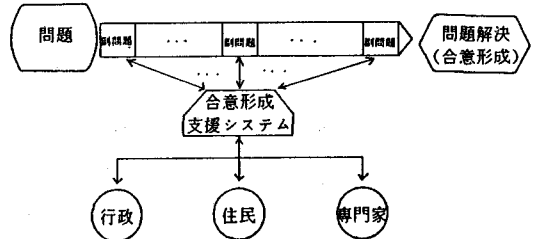


図-6 合意形成支援システムの役割

3. 2 合意形成における代替案選択支援システム

合意形成においては種々の問題が存在し、それらを解決するためには構造化した副問題に変換して考えることが必要である。図-6に示すように、支援システムがサポートするのはこの副問題の解決であり、これを効果的に支援するものほど性能の良い支援システムといえる。合意形成問題では、各関係主体が問題に対する理解を深めることと同時に、お互いの理解を促進することが大きなポイントとなる。そこで、合意形成支援システムに望まれる役割は、各主体が独自の判断で情報を収集、処理できる自律分散的な役割と、各主体間で情報・意見の交換ができ、全体の意見の収束ができる協調的な役割との2役である。代替案選択支援システムは、後者の協調的な役割を担うものといえる。

合意形成において最も重要な支援システムは、各主体の意見を収束させる機能であり、多くの場合、それはいくつかの代替案の中から1つを選択することを支援するシステムである。このような多者択一型の問題を解く方法として、「はじめに」のところで述べたように、AHP（Analytic Hierarchy Process）の手法がある。AHPは、複雑で曖昧な状況下で利用できる手法であり、決定に関連した要素（評価要因）を階層構造によって表現し、定性的・定量的な評価項目が混在していても比較できる手法である。

3. 3 AHPの手法について

① 階層図の作成

意思決定にはトップレベルに「問題」があり、ボトムレベルに最終的な選択の対象となるいくつかの「代替案」がある。代替案の中から1つの意見に収束させるために、両者の間に「評価要因」が設定される。図式的には図-7のように階層構造として表せる。

AHPの手法では最初に問題を分析し、階層図を作成する。このとき、同一レベルに含まれる各要素は、互いに独立もしくはそれに近い関係になるようにしなければならない。

② 一対比較の実施

各レベルの評価項目について、親要素に関して重要度の一対比較を行う。関係主体全体での一対比較値は、各関係主体一人一人から出された一対比較値の幾何平均値を採用する。

③ 重要度と整合度の算出⁷⁾

一対比較行列の最大固有値と固有ベクトルを求める。ここで、固有ベクトルの各成分が各評

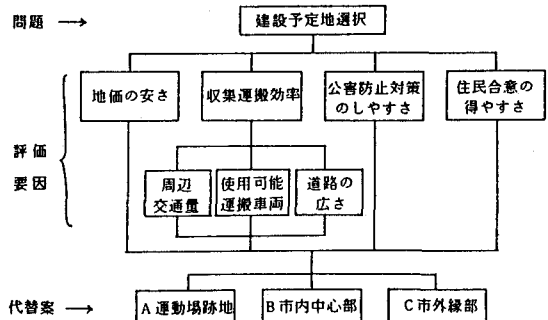


図-7 AHPの階層構造の例

価項目の重要度を表す。すなわち、 n 個の評価項目 $l_1, l_2, \dots, l_n$ があり、その本来の重要度が $w_1, w_2, \dots, w_n$ である時、項目 l_i と l_j の重要度の一対比較値 a_{ij} は

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \tag{1}$$

という関係を満たす。

従って、一対比較行列 $A = [a_{ij}]$ は

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \tag{2}$$

となる。

この行列 A の右側から重要度のベクトルを乗ずれば、

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \tag{3}$$

この関係式から重要度のベクトルは A の固有ベクトルであり、 n が行列 A の最大固有値である。そこで、現実の一対比較行列が式 (2) の形に近ければ、 A の固有ベクトルが各評価項目の重要度として採用できるものと考えられる。ここで、式 (2) の形に近いかどうかは、行列 A の固有値の最大固有値からの偏差（整合度 $C.I.$ と呼ぶ）を基準として評価できる。

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{4}$$

整合度の値が 0.15 以上であれば②をやり直す。

④ 重要度の合成

階層に基づき、レベル 1、2、…、 L の順に次の手順に従って重要度を合成する。レベル k とレベル $k+1$ の要素の親子関係が図-8 に示す通りとする。レベル k の要素 i の重要度を w_{ki} とし、親要素 i に関するレベル $k+1$ の子要素 j の重要度を v_{ij} とする。

この時、

$$w_{k+1\ j} = \sum w_{ki} v_{ij} \tag{5}$$

によってレベル $k+1$ の要素 j の合成重要度が算出される。最終レベルにある要素（代替案）の重要度の合成をしたものが、代替案の総合評価値である。

4. AHP による意見分布の感度解析

4. 1 意見分布の考え方

一対比較時における各一対比較値は、各主体の立場や価値観が異なっているため一致せず、一般にある分

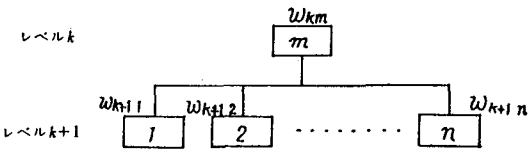


図-8 評価要因の要素の親子関係

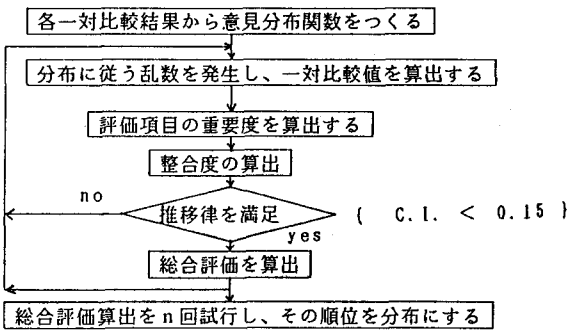


図-9 AHP 信頼度解析の計算手順

布（意見分布）を示すものと考えられる。さらにこの分布は、各主体の判断のあいまいさや一対比較の数値のもつあいまいさのため、確定した分布とはならない。したがって、代替案選択プロセスにおける意見のパラッキ（分布）が、意思決定にどの様に反映するかを感度解析的に検討する必要がある。その結果、単純に幾何平均値のような代表値を用いて総合評価を下すよりも、分布そのものがもつ特性を活かした評価ができ、合意形成もしやすく評価の信頼度が増すと考えられる。

本研究では、この意見分布を基に整合度を判定基準として用いて、意見分布の感度解析から結果の信頼性の評価を行っている。その手順を図-9に示している。各一対比較結果から意見分布関数を作り、分布に従う乱数を発生させ、その値を一対比較値として各レベルの一対比較行列を作り、整合度を推移律の評価基準として、最終的な代替案選択の総合評価値を算出している。この一つの結果としての総合評価は、合意形成に係わる集団を母集団とした時の、サンプル結果と見なせる。

4. 2 代替案選択の信頼性評価プログラムの開発

(A) プログラムの概要

信頼性評価プログラムは、AHP一対比較意見分布収集プログラム（以下、「収集プログラム」と略す）と、AHP評価・信頼度解析プログラム（以下、「解析プログラム」と略す）とから成っている。代替案選択プロセスにおける住民の意見（一対比較値）は、パーソナルコンピュータを用いた収集プログラムにより、各レベルの評価要因について、親要素に関する一対比較ごとにマウスを用いて入力される。その意見分布データは、ネットワークを通じて高度な計算能力を持つWS（Work Station）に送られる。そのWS上で解析プログラムにより、意見分布の幾何平均値を用いたAHP評価の計算と、意見分布を踏まえた信頼度解析が行われる。但し、意見分布を幾何平均値で集約したAHP評価のみの計算については、収集プログラムの方でも、実行可能になっている。

プログラム開発は、収集プログラムが、BASICと機械語を用いてNECのPC9801上で、解析プログラムが、C言語を用いてソニーNEWS上で行った。

(B) AHPプログラムの利用例

PC9801上での意見収集支援メニューを、図-10に示している。図-11には、図-10で1番の「評価要因の一対比較」を選択した時の入力画面を示しており、一対比較値をマウスで選択すると同時に、それに応じて選択頻度の分布が逐一表示されるようになっている。図-12には、図-10で3番の「一対比較値の表示」を選択した時の結果で、幾何平均値に集約した時の一対比較行列表示画面を示している。図-13には、同様に図-10で4番の「総合評価」を選択した時の結果で、AHP総合評価表示画面を示している。図-10の5番の「意見分布の記録」は、各評価要因のレベルでの一対比較値の分布をNEWSに送るためのものである。

NEWS上でのプログラム表示例を、図-14に示した。NEWS上では計算メニューにより、意見分布の幾何平均値を用いたAHP評価の計算

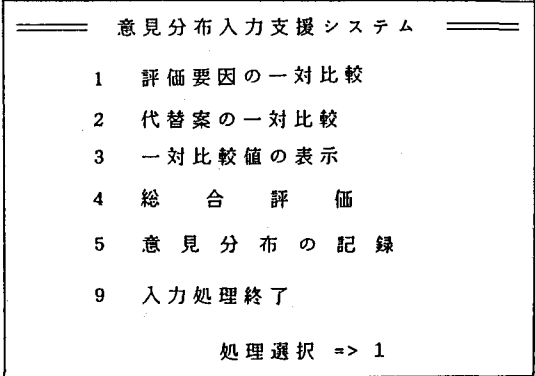


図-10 意見収集支援メニュー

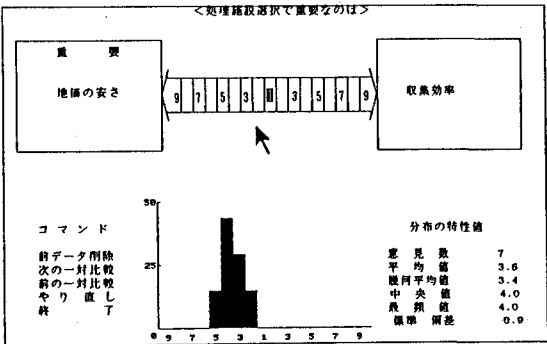


図-11 意見入力画面

か、あるいは意見分布を踏まえた信頼度解析が行えるようになっている。乱数発生の方法により1つのサンプルとして、一対比較を踏まえた結果の総合評価と、信頼度解析で200回の代替案選択を行ったときに、3つの代替案がそれぞれ選ばれた比率が示されている。この場合は、代替案Cの市外縁部が43.6%の比率で選択されており、合意形成に係わった集団の選好構造を客観的に反映しているものと考えられる。

5. おわりに

廃棄物処理計画における立地選定に関する合意形成プロセスを、「問題解決」のフレームから明確化し、そのプロセスの一部である多主体間での意見収束を、合理的に行うための代替案選択支援システムの開発について述べた。合意形成において最も重要な支援システムは、各主体の意見を収束させる機能であり、多くの場合、それはいくつかの代替案の中から1つを選択することを支援するシステムである。本論では、このような多者択一型の問題を解く方法として、AHPの手法を援用し、代替案選択プロセスにおける意見のバラツキ（分布）が、意思決定にどの様に反映するかを感度解析的に検討した。具体的には、本研究の信頼度解析プログラムを用いると、単純に幾何平均値のような代表値を用いて総合評価を下すよりも、分布そのものをもつ特性を活かした評価ができることがわかった。その結果、合意形成に係わった集団の選好構造を客観的に反映できるため、合意形成もしやすく評価の信頼度が増すと考えられる。

今後の発展方向として、評価構造の違いが代替案選択にどの様に影響を与えるかを検討することが必要であろう。例えば、一対比較行列のある成分 a_{ij} の値を若干変化させてその変化が総合評価にどう影響を与えるかをみたり、またある評価要因を削除したり追加したりして総合評価値の変化をみる方法などが考えられる。

現在はまだ学習システムとしての性格が強いが、これらの処理がリアルタイムに行なえることによって、本プログラムの現実の場面における有用性が更に向上すると考えられる。

最後に、国立公衆衛生院田中勝博士のご助言に感謝致します。

要素の重要度					
処理施設選択	地価の安さ	住民合意形成	収集効率	公害防止対策	重要度
地価の安さ	1	1 / 3	3	1	0.243
住民合意形成	3	1	3	1 / 1	0.382
収集効率	1 / 3	1 / 3	1	1 / 3	0.097
公害防止対策	1 / 1	1	3	1	0.279

固有値 = 4.2 整合度 = 0.001 整合比 = 0.002

図 - 1 2 一対比較行列表示画面

総合評価一覧表					
評価要素名	重要度	A運動場跡地	B市内中心部	C市外縁部	
地価の安さ	0.243	0.273	0.103	0.625	
住民合意形成	0.382	0.383	0.130	0.487	
公害防止対策	0.279	0.430	0.113	0.457	
道路車線数	0.016	0.224	0.625	0.151	
運搬車両の数	0.028	0.222	0.550	0.228	
周辺交通量	0.052	0.252	0.194	0.554	
総合評価		0.355	0.142	0.503	

図 - 1 3 総合評価表示画面

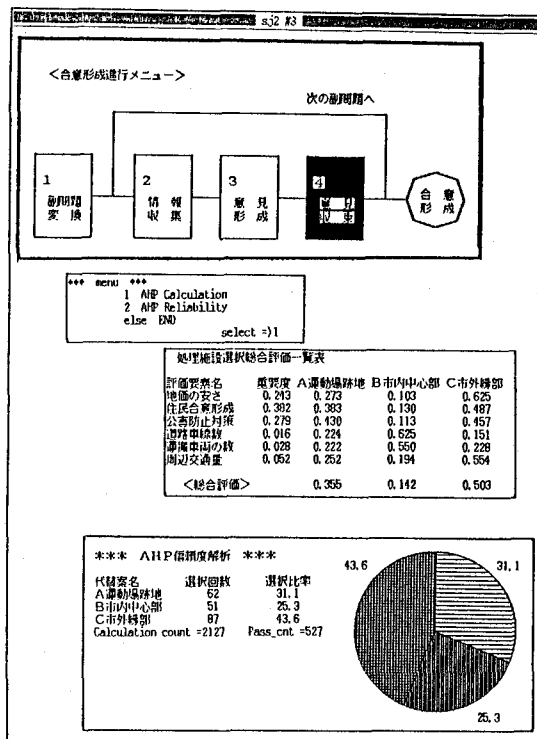


図 - 1 4 NEWS上での信頼度解析プログラム

参考文献

- 1) 古市徹・高松善一・田中勝(1988): 廃棄物処理施設立地選定のための合意形成支援システム、土木学会第43回年次学術講演会概要集, I I、792-793.
- 2) Saaty, T.L.(1980): The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill.
- 3) Canter, L.W., Knox, R.C.(1985): Ground Water Pollution Control, Public Participation in Aquifer Restoration Decision-Making. Lewis Publishers, Inc.
- 4) 古市徹・田中勝(1988): 地下水汚染リスクを考慮した最終処分場の立地選定手法、土木学会、環境システム研究、Vol. 16、142-149.
- 5) 内藤幸穂(1984): ごみと住民－武蔵野市における実証－、環境産業新聞社.
- 6) 古市徹・田中勝(1989): 廃棄物処理計画策定におけるデータベースの役割、都市清掃、第42巻、第168号、14-24.
- 7) 真鍋龍太郎(1986): 階層化意思決定法AHP (特集に当たって+概要)、オペレーションズ・リサーチ 8月号、474-478.