

---

階層化意志決定法を適用した  
露天採掘跡地の廃棄物最終処分場  
への転用可能性評価

---

(課題番号：16560709)

平成 16 年度～平成 17 年度  
科学研究費補助金（基盤研究(C)(2)）  
研究成果報告書

平成 18 年 6 月

研究代表者 大塚尚寛  
岩手大学工学部教授

# 目 次

|  |    |
|--|----|
| はしがき   | 1  |
| 研究成果   | 3  |
| 1. はじめに                                      | 3  |
| 2. 廃棄物最終処分場への転用に関する意識調査                      | 5  |
| 3. 階層化意思決定法の概要                               | 8  |
| 3.1 階層化意思決定法(AHP:Analytic Hierarchy Process) | 8  |
| 3.2 AHPの手順                                   | 8  |
| 4. ポテンシャルティ－評価理論                             | 13 |
| 4.1 評価理論の概念                                  | 13 |
| 4.1.1 Boolean Logic Model(論理演算モデル)           | 13 |
| 4.1.2 Index Overlay Model                    | 14 |
| 4.1.3 Battelle 法的概念を導入したモデル                  | 17 |
| 4.2 因子スコアの決定                                 | 19 |
| 5. 転用可能性ポテンシャルティ－評価手法                        | 20 |
| 5.1 転用可能性ポテンシャルティ－評価手法                       | 20 |
| 5.2 転用可能性ポテンシャルティ－評価フロー                      | 21 |
| 6. 転用可能性ポテンシャルティ－評価                          | 25 |
| 6.1 STEP1 ウェイトの算出                            | 25 |
| 6.2 STEP2 重要度の算出                             | 32 |
| 6.3 STEP3 コンセプトマップの作成                        | 35 |
| 6.4 STEP4 コンセンサスマップの作成                       | 40 |
| 7. まとめ                                       | 41 |

## は し が き

本報告書は、平成16年度～平成17年度科学研究費補助金（基盤研究(C)(2)）の交付を受けて実施した研究課題「階層化意志決定法を適用した露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用可能性評価」の研究成果をまとめたものである。

### 【研究組織】

研究代表者： 大塚尚寛（岩手大学工学部教授）

### 【配分額】

(金額単位：千円)

|        | 直接経費  | 間接経費 | 合計    |
|--------|-------|------|-------|
| 平成16年度 | 2,300 | 0    | 2,300 |
| 平成17年度 | 1,300 | 0    | 1,300 |
| 総計     | 3,600 | 0    | 3,600 |

### 【研究発表】

#### (1) 学会誌等

1) 大塚尚寛, 小幡宣博, 齊藤 貢, 志田 寛

露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用可能性評価システムの構築  
砕石の研究, 第20巻, 第1号, pp.30-35, 平成17年3月31日

2) 大塚清伸, 大塚尚寛, 齊藤 貢, 志田 寛

Battelle法を用いた露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用可能性評価  
砕石の研究, 第21巻, 第1号, pp.38-43, 平成18年3月31日

#### (2) 口頭発表

1) 大塚尚寛, 小幡宣博, 齊藤 貢, 志田 寛

露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用可能性評価システムの構築  
資源・素材学会平成17年度春季大会, [3201], 平成17年3月30日

2) 大塚尚寛, 齊藤 貢, 志田 寛

環境保全を考慮した砕石資源ポテンシャル評価システムの構築  
資源・素材学会平成17年度秋季大会, (A)(B)資料, pp.17-20,  
平成17年9月25日

3) 大塚清伸, 大塚尚寛, 齊藤 貢, 志田 寛

採石場の廃棄物最終処分場への転用に関する意識調査におけるAHPによる  
解析

資源・素材学会東北支部平成17年度秋季大会, [A-4],

平成17年10月28日

4) 大塚清伸, 大塚尚寛, 齊藤 貢, 志田 寛

Battelle法を用いた露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用可能性評価

資源・素材学会平成18年度春季大会, [3220], 平成18年3月29日

# 研究 成 果

## 1. はじめに

21世紀初頭におけるわが国の重要課題の1つに、「資源循環型社会の形成」がある。すなわち、わが国が今後とも持続的に発展していくためには、廃棄物の発生抑制(Reduce)、再使用(Reuse)、再利用(Recycle)の3Rを進めていくことにより、環境制約・資源制約を克服していくことが必要である。そのための法体系整備が、近年急速に進められている。

図1.1に、わが国における廃棄物排出量の推移を示す。資源循環型社会の構築に向けて近年微減傾向にはあるが、平成15年度実績で一般廃棄物が5,161万ton、産業廃棄物が4億1,200万tonと計4億6,361万tonもある。廃棄物排出量の内訳は、一般廃棄物が11%、産業廃棄物が89%と、産業廃棄物の割合が圧倒的に大きい。一般廃棄物の処理状況は、焼却処分による減量化が中心で67.4%を占めており、最終処分となる量は全体の15.5%で、その量は約850万トンである。これに対して産業廃棄物では、資源循環型社会の形成を目指して可能な限り再資源化を行い、再資源化が困難な場合には、縮減、最終処分するという方針となっている。しかし、現実には、再資源化が49%程度に留まっており、最終処分となる比率は7.4%で、その量は約3,000万tonにも達している。図1.2に、廃棄物最終処分量の推移を示す。

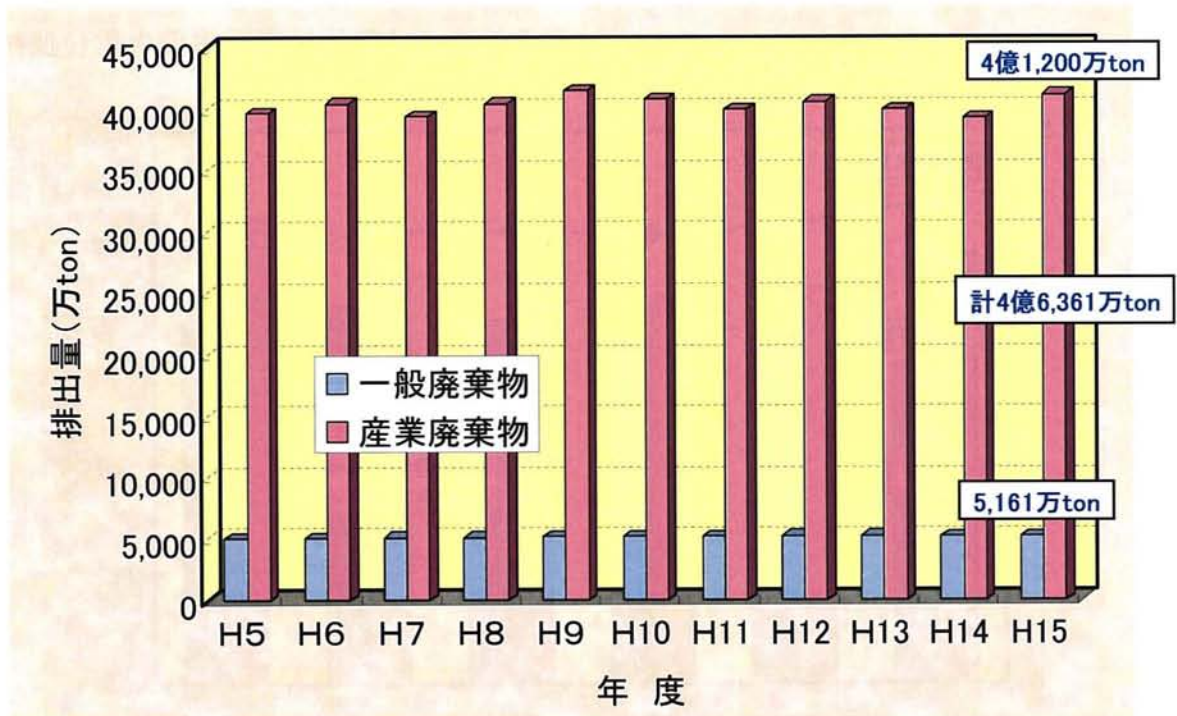


図1.1 わが国における廃棄物排出量の推移

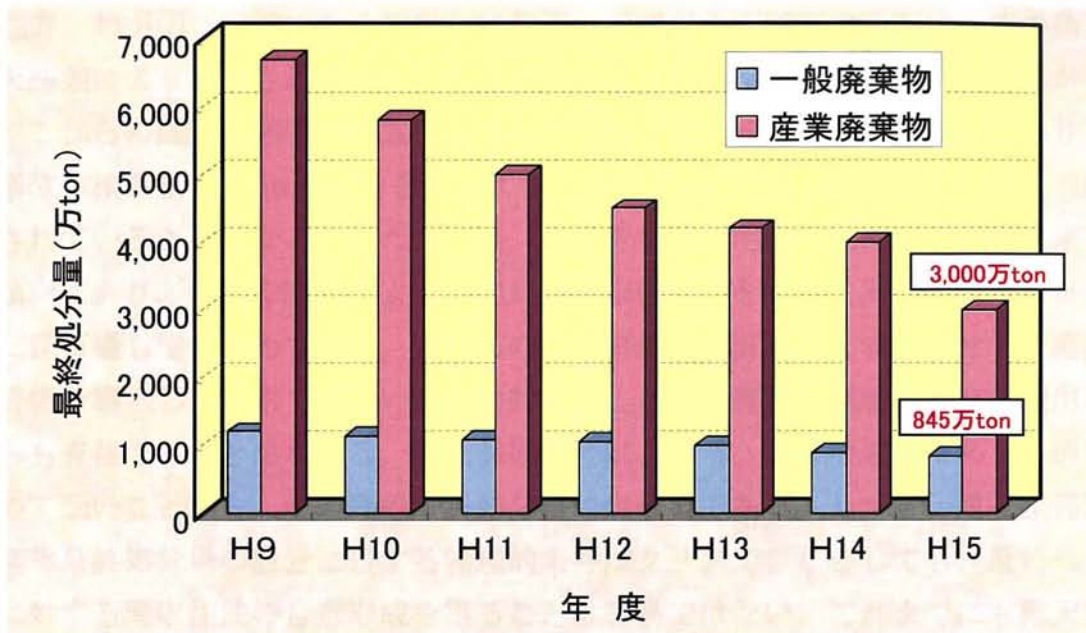


図1.2 廃棄物最終処分量の推移

図1.3に、廃棄物最終処分場の残余容量と残余年数を示す。最終処分場の受入可能な容量は、平成14年度では一般廃棄物で、1億4,500万 $m^3$ 、産業廃棄物で1億8,200万 $m^3$ である。したがって、最終処分場残余容量は、一般廃棄物で13.1年分、産業廃棄物ではわずかに4.5年分しかない。現在、最終処分場の設置を予定している自治体においては、その殆どの場合において地域住民の反対運動が起こり、設置を断念せざるを得ない状況にある。つまり、廃棄物処分場の残余容量が不足している最大の要因は、最終処分場の新規設置が困難なことにある。

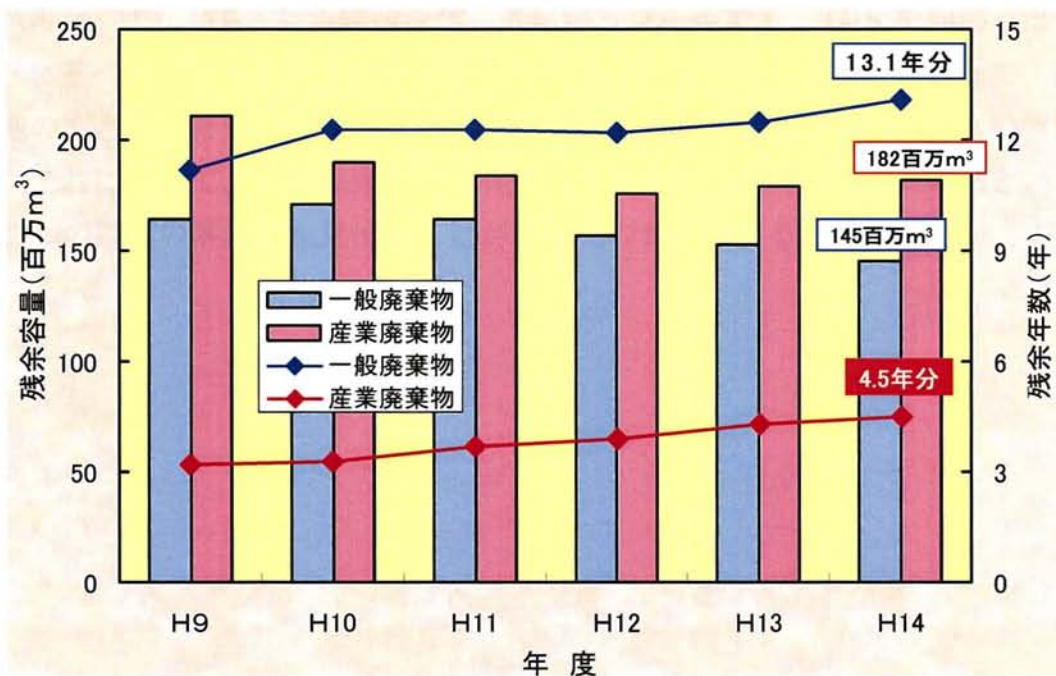


図1.3 廃棄物最終処分場の残余容量と残余年数

他方、わが国で自給できる数少ない鉱産資源である石灰石や砕石は、その殆どが、露天採掘により採取されており、現在、国内には約 2,500 箇所の露天採掘場が存在する。これらの露天採掘場で採掘される岩石量は、年間 5 億トンを上回っており、岩盤の単位体積重量を  $2.5\text{ton/m}^3$  と仮定して計算すると、毎年約 2 億  $\text{m}^3$  の埋め戻し空間が造成されていることになる。また、近年、再生骨材の使用増加に伴い砕石の生産量が減少傾向にあり、倒産や廃業により跡地処理や修復緑化を十分に実施しないまま放置された採石場も増え始めている。これらの採掘跡地を放置されたままとせず、廃棄物の最終処分場として利用できないかを検討することは、露天採掘跡地の有効利用の観点からも有益であると思われる。露天採掘跡地は、通常、堅硬な岩盤であり、透水性が極めて低いことから、廃棄物の最終処分場には最適である。しかし、露天採掘跡地が廃棄物最終処分場の設置に対する物理的条件はクリアできたとしても、最終処分場設置に対する周辺住民の合意形成を得ることは容易ではない。これまでにも露天採掘跡地を廃棄物最終処分場に利用しようとする試みは行われてきたが、殆どが地域住民の強い反発に会い実施に移されていないのが現状である。その原因は科学的データに基づく技術的検討が不足していることもさることながら、社会的要請と地域住民の合意形成を定量的に評価する手法がなかったことにも由来する。

本研究では、露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用の可能性について、岩盤性状、地下水状況等に加えて、地形、地質、水系、環境、開発規制、地域社会等に関する情報を、GIS(Geographic Information System : 地理情報システム)を利用してデータベース化し、これらのデータベースを基に、事業者、地域住民、自治体、自然環境保護団体等の合意形成を含めて評価する方法として、階層化意思決定法 (AHP) の導入を試みた。すなわち、対象課題を体系的に扱うツールである GIS を利用したデータベースに基づき、評価者の意志を反映させる AHP を適用することによって、露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用の可能性を定量的に評価するシステムの構築を行った。これによって、露天採掘跡地の有効利用と廃棄物最終処分場の確保という当面する 2 つの課題の解決策を見出すことが本研究の目的である。

## 2. 廃棄物最終処分場への転用に関する意識調査

採石跡地の廃棄物最終処分場への転用に関する意識調査を、砕石産業 46 事業所と一般市民 50 名を対象として平成 16 年度に実施した。

図2. 1は、露天採掘跡地を廃棄物最終処分場に転用することの是非に関するアンケート調査結果である。転用について積極的に取り組みたいと回答したのは、砕石事業者で 10%、一般市民で 16%であるが、砕石事業者の 26%、地域住民の 53%は社会的要請が強ければ推進するとしており、条件によっては転用が実現する可能性はあることが考えられる。しかし、砕石事業者の 28%が転用は考えておらず、24%が転用には消極的であり、半数が転用を是としていないことになる。また、一般市民の 22%が転用に消極的であり、その他と回答した内容をみると、環境汚染の問題を気にしている意見が多かった。

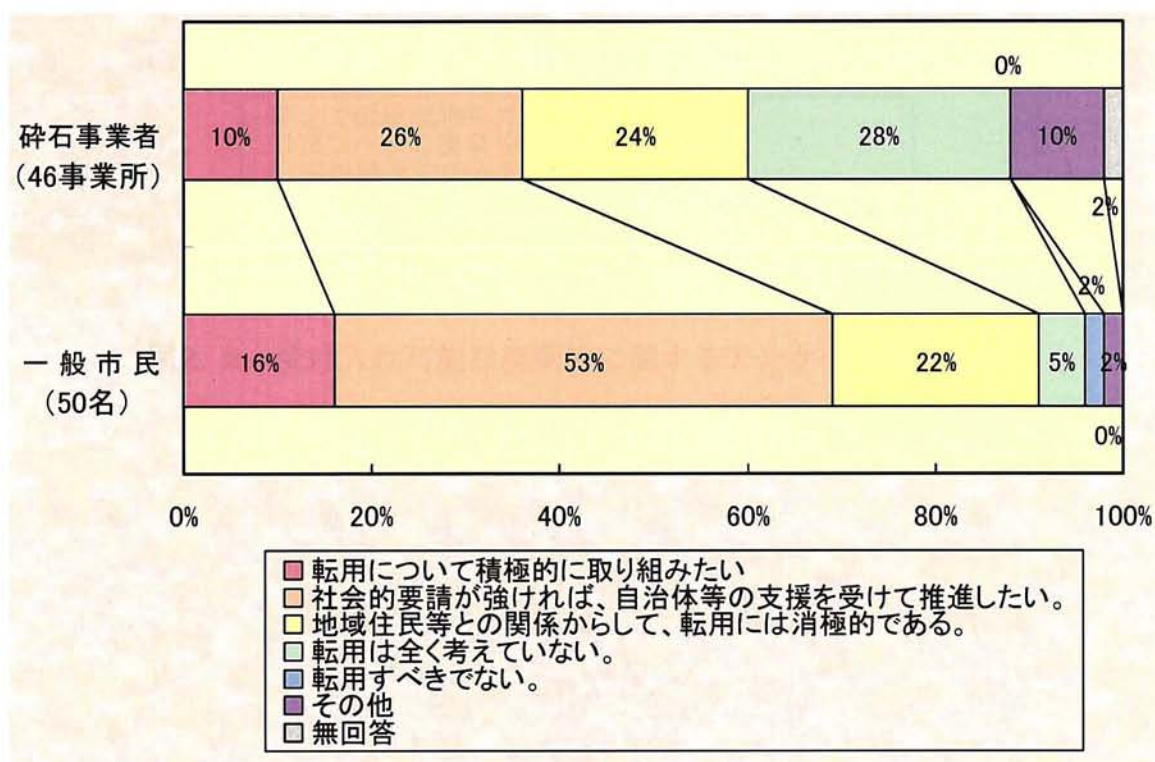


図2. 1 露天採掘跡地を廃棄物最終処分場に転用することの是非に関するアンケート調査結果

図2. 2は、受け入れ可能な廃棄物に関するアンケート調査結果である。砕石事業者と一般市民のどちらも、受け入れ可能な廃棄物は、建設廃棄物のみとコンクリート塊、アスファルト塊のみとする回答が多かった。これは環境に対する影響が少ないことや、処理し易いということが考えられる。



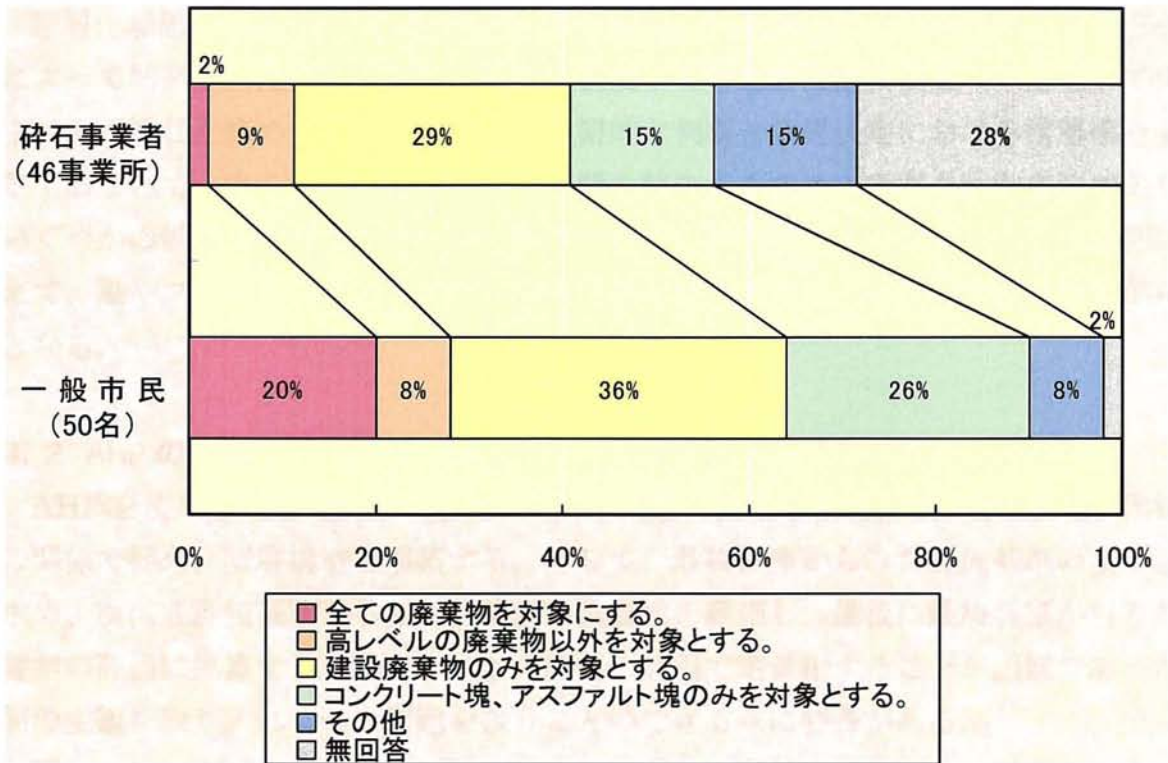


図2.2 受け入れ可能な廃棄物に関するアンケート調査結果

### 3. 階層化意思決定法の概要

#### 3.1 階層化意思決定法(AHP: Analytic Hierarchy Process)

階層化意思決定法 (AHP : Analytic Hierarchy Process) は、1970 年代に T.L.Saaty によって開発された手法であり、曖昧な状況下での意思決定に役立つ手法として世界中で広く注目を集めている。AHP は、主観的な判断と意思決定における階層構造を仮定することで、多くの判断基準を伴う問題を解決するために考案された方法であり、いくつかの候補（代替案）の中から最良のものを選択するような場合に、経験則に加えて、勘やフィーリングといった人間の主観を取り入れた、合理的な意思決定が可能となる。

#### 3.2 AHP の手順

AHP を使用し問題を解決するためには、問題の要素を最終目標、評価基準、代替案の関係で捉え、階層構造を構築する。そして、最終目標からみた評価基準の重要性を求め、次に各評価基準からみた代替案の重要性を評価し、最後に最終目標からみた代替案の評価に換算する。AHP は、この評価の過程で定量化することが困難であった人間の主観を取り入れつつ、問題を扱うことのできる点に特長がある。

図3. 1に、AHP の手順を示す。AHP を使用した意思決定手順は、以下のようにまとめることができる。

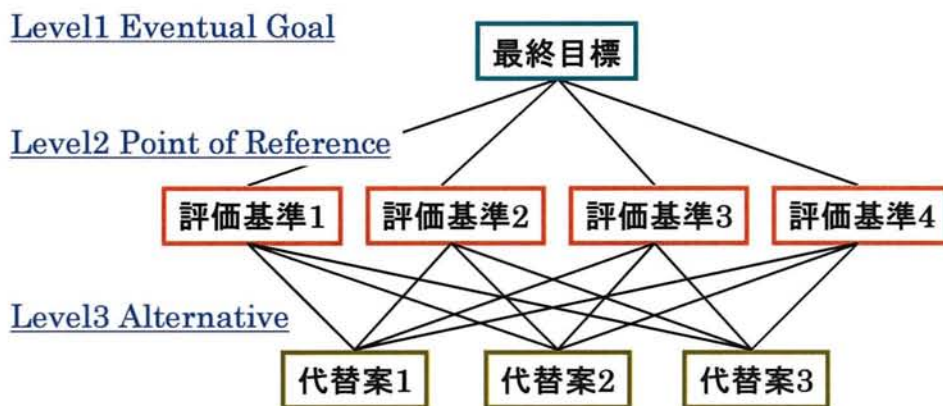


図3. 1 AHP の手順

(1)問題を分析して階層図を描く。

AHP を使用した意思決定のプロセスは、問題を最終目標、評価基準、代替案に分解し、**図3. 2**のような階層図を構築することから始まる。階層図の一番上には、問題の最終目標を設定する。その下に問題を解決するための評価基準を並べ、最終目標とツリー構造を設定する。

階層図の各層をレベル (level) といい、上から順に level1、level2、level3 となっている。評価基準はさらに細分類され、level4、level5 を設定することもある。要素数は増加するとそれだけ要素の相違を判断することが困難になるため、level2 以下の要素数は、7±2 程度にしておく必要がある。



**図3. 2** AHP における階層図

(2)階層図の各 level の要素を一対比較し、行列を作成する。これを階層図の上から下へ実行する。

AHP では、**表3. 1**のように各要素を 2 つずつ比較する一対比較を行い、ウェイトを決定する。各一対比較値は、**表3. 2**に示す「一対比較行列の重要性の尺度とその定義」に従い設定された意思決定者の要素 i と比較した場合の要素 j の重要性を意味している。

**表3. 1** 一対比較

|       | 評価基準1 | 評価基準2 | 評価基準3 | 評価基準4 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 評価基準1 | 1     | 2     | 3     | 5     |
| 評価基準2 | 1/2   | 1     | 3     | 9     |
| 評価基準3 | 1/3   | 1/3   | 1     | 6     |
| 評価基準4 | 1/5   | 1/9   | 1/6   | 1     |

表3.2 一対比較行列の重要性の尺度とその定義

| 尺度 | 定義                             |
|----|--------------------------------|
| 1  | 同じくらい重要 (equal importance)     |
| 3  | やや重要 (weak importance)         |
| 5  | かなり重要 (strong importance)      |
| 7  | 非常に重要 (very strong importance) |
| 9  | 極めて重要 (absolute importance)    |

(3) 各一対比較行列により、要素のウェイト、整合度 (CI : Consistency Index) を計算する。CI が大き過ぎる場合は、(2) の比較判断を再検討する。

AHP の理論を用いて、作成した一対比較行列から要素のウェイトと CI を算出する。なお、AHP の理論については、「3.3 AHP の理論」で説明する。

(4) 一対比較の結果からウェイトを合成し、最終目標からみた代替案の総合ウェイトを求める。

代替案の総合ウェイト  $W$  は、各評価基準からみた代替案のウェイト  $P_i$  を、各評価基準のウェイト  $W_j$  で重み付けした和となる。よって、総合ウェイト  $W$  は、(3.1) 式のように表すことができる。

$$W = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_m \end{bmatrix} \times W_1 + \cdots + \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_m \end{bmatrix} \times W_n \quad (3.1)$$

$P_i$  : 評価基準からみた代替案のウェイト (  $\sum_{i=1}^m P_i = 1$  )

$W_j$  : 評価基準のウェイト (  $\sum_{j=1}^n W_j = 1$  )

以上のように、AHP は個々の評価要因に対して定量的にウェイトが算出できることから、要因分析を行いやすいという評価手法として注目されている。

なお、AHP は以下の仮定の上に成り立っているため、最終目標の性質に注意する必要がある。

- ① あらゆる代替案の一対比較では、どんな基準に対しても言語スケール (良い、かなり良いなど) によって評価できる。
- ② あらゆる一対比較において、どんな基準に対しても片方が他方よりも無限に良いと判断することはない。

- ③ 意思決定は階層構造として定式化できる。
- ④ すべての基準と代替案は階層構造によって表現される。

### 3.3 AHPの理論

前節で説明したように、一対比較行列を作成し、そこから要素のウェイトを算出する点に AHP の最大の特長がある。そのプロセスには数学的な理論が存在するため、ここではその理論について説明する。各要素のウェイトを  $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)$  とすると、一対比較値  $a_{ij}$  を(3.2)式のように表すことができる。

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (3.2)$$

ここで一対比較行列  $A=[a_{ij}]$  の各要素  $a_{ij}$  を  $w_i$  と  $w_j$  で置き換えた上で、ウェイトベクトルを右側から掛けると、(3.3)式になる。

$$Aw = \begin{bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

この関係式より、ウェイトベクトル  $w$  が行列  $A$  の固有ベクトルであり、 $n$  が固有値  $\lambda$  であることが分かる。このとき  $A$  の 2 行目以下は第 1 行の定数倍であるから、 $A$  の階数が 1 で、 $A$  の固有値  $\lambda_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) だけが 0 ではなく、他は全て 0 である。また一般に  $\sum \lambda_i = (A \text{ の対角要素の和}) = n$  であるので、0 ではない唯一の  $\lambda$  を  $\lambda_{max}$  とすると、 $\lambda_{max} = n$ 、他の  $\lambda_i$  は 0 である。以上から、最大固有値  $\lambda_{max}$  に対する固有ベクトル  $w$  がウェイトとなる。ただし、 $\sum w_i = 1$  となるように  $w_i$  を  $\sum w_i$  で割り正規化をおこなう。これ以降は、正規化したものをウェイトとする。

しかし、このようにウェイトが計算できるのは、一連の一対比較が首尾一貫している場合に限られる。そこで、重要度の算出結果の整合性についてチェックを行う。一対比較値  $a_{ik} = a_{ij} a_{jk}$  がすべての  $i, j, k$  について成り立つときに、行列  $A$  は整合性があると判断する。その整合性を判断するために整合度  $CI$  を使用する。完全に整合性があるときには  $\lambda_{max} = n$  が成り立ち、このずれを行列の大きさを示す  $n-1$  で割った(3.4)式が  $CI$  となる。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3.4)$$

完全に整合性があるときの  $CI$  は 0 で、整合性がないほど大きくなる。 $CI$  が 0.1 以下のときには問題はないが、0.1 を超えた場合には一対比較の判断を再検討する必要がある。

## 4. ポテンシャル評価理論

### 4.1 評価理論の概念

GIS を利用したポテンシャル評価手法については、従来から地質探査の分野で研究されてきた Boolean Logic Model、Index Overlay Model (Binary Evidence Maps Model、Multi-Class Maps Model) などの評価理論がある。本研究では、これらの評価理論を基本として、環境アセスメントの分野で用いられている解析手法である Battelle 法的概念を導入した手法を採用した。

以下に、これらの評価理論の概念を示す。

#### 4.1.1 Boolean Logic Model(論理演算モデル)

Boolean Logic Model は、最も基本的な処理であり、地質図、物理探査図などのいくつかの情報に対し、目的事象を抽出するために、ある条件を設定してその条件、またはいくつかの条件を AND (論理積)、OR (論理和)、NOT (否定)、XOR (排他的論理和) というような演算操作 (Boolean Operator) 過程により組み合わせ、条件に合致する地域を選択していく手法である。そのため、出力される結果は、条件を満たすか満たさないかのみで、条件を満たすかもしれないし、満たさないかもしれないという曖昧な結果は出てこない。

Boolean Logic Model の特徴は、考え方がきわめてシンプルであり、操作も容易である利点がある反面、設定される条件がそれぞれの主題で異なる重みを持つといった弊害もある。本手法ではどの条件も異なるウエイトとして扱われるため不都合が生じる可能性がある。したがっていくつかの主題を重ねていくときは、その設定や結果の解釈などに十分な注意が必要である。

図4.1に、論理演算操作概念を示す。

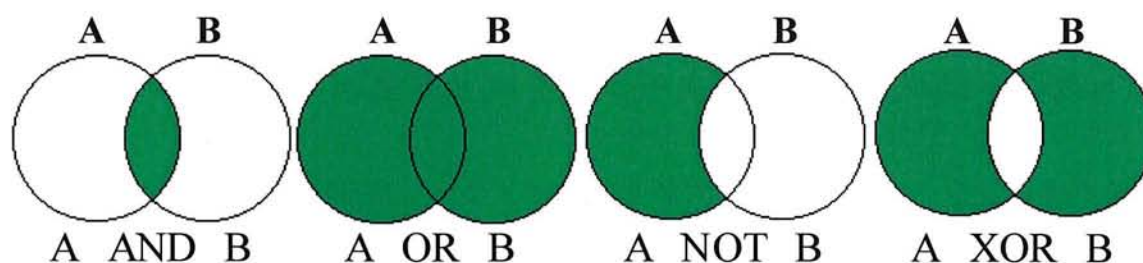


図4.1 ブール (論理) 演算処理の概念

すべての条件を満たす場合を求めるときはANDを用いる。

$$\text{出力結果} = (\text{主題 i}) \text{AND} (\text{主題 ii}) \text{AND} (\text{主題 iii}) \text{AND} (\text{主題 iv})$$

出力結果は0か100で、全てがYESの場合の出力は100となる。

図4. 2に、Boolean Logic Model の評価理論概念を示す。

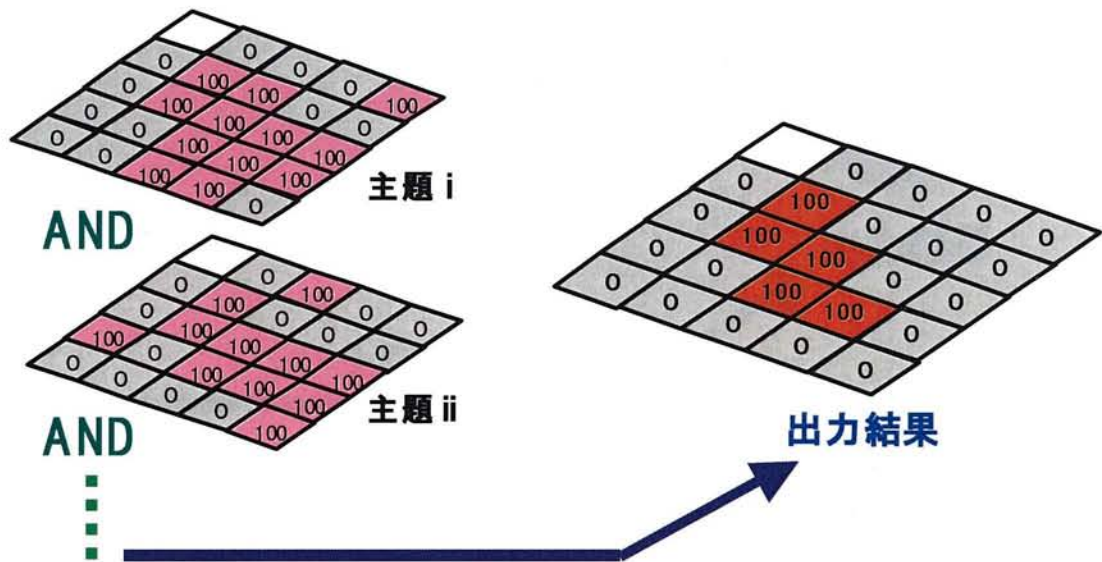


図4. 2 Boolean Logic Model の評価理論概念図

#### 4. 1. 2 Index Overlay Model

##### ● Binary Evidence Maps Model (Index Overlay Model 1)

Boolean Logic Model をより融通の効く形にしたものがこの Binary Evidence Maps Model で、各主題において、設定される条件に重み因子を掛け、それぞれの和を重み因子の和で割って正規化する手法。

$$\text{出力結果} = ((\text{主題 i}) + (\text{主題 ii}) + (\text{主題 iii}) + (\text{主題 iv})) / (\text{重み因子の和} = 11)$$

出力結果は0~100の範囲で、全ての条件を満たすものが100、全ての条件を満たさないものが0となる。抽出された地域は Boolean Logic Model よりも大きく、いくつかのランクに区分されており、地域選択に柔軟性が出てくる。

図4. 3に、Binary Evidence Maps Model の評価理論概念を示す。



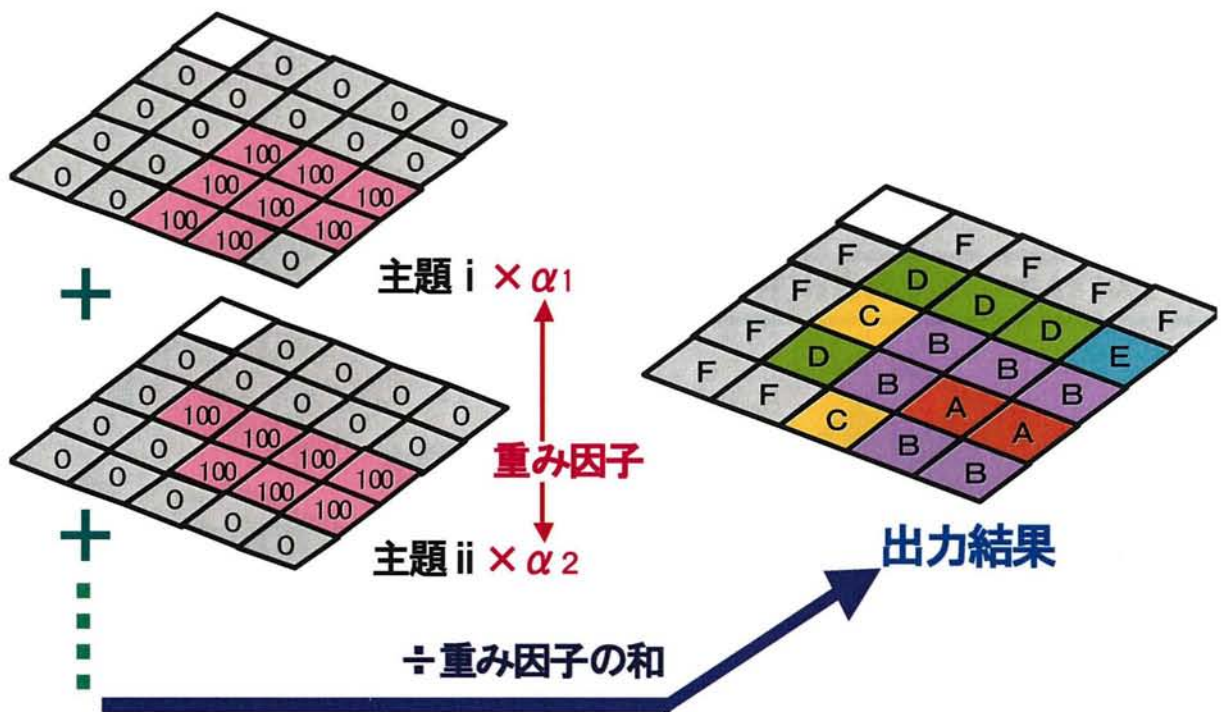


図4.3 Binary Evidence Maps Model の評価理論概念図

- Multi-Class Maps Model (Index Overlay Model 2)

Multi-Class Maps Model は、Binary Evidence Maps Model をさらに改良し、各主題に重み因子を付け、さらにその主題の中でクラス分けしたものに重み付けを行う手法。ここで、段階分けされた属性をクラスと呼ぶ。

Multi-Class Maps Model の出力も、Binary Evidence Maps Model と同様となる。

$$\text{出力結果} = ((\text{主題 i}) + (\text{主題 ii}) + (\text{主題 iii}) + (\text{主題 iv})) / (\text{重み因子の和})$$

このモデルの例では、出力結果が正の値となるように予め調整したが、条件によってはクラスの得点がマイナスになるものがある。

図4.4に、Multi-Class Maps Model の評価理論概念を示す。

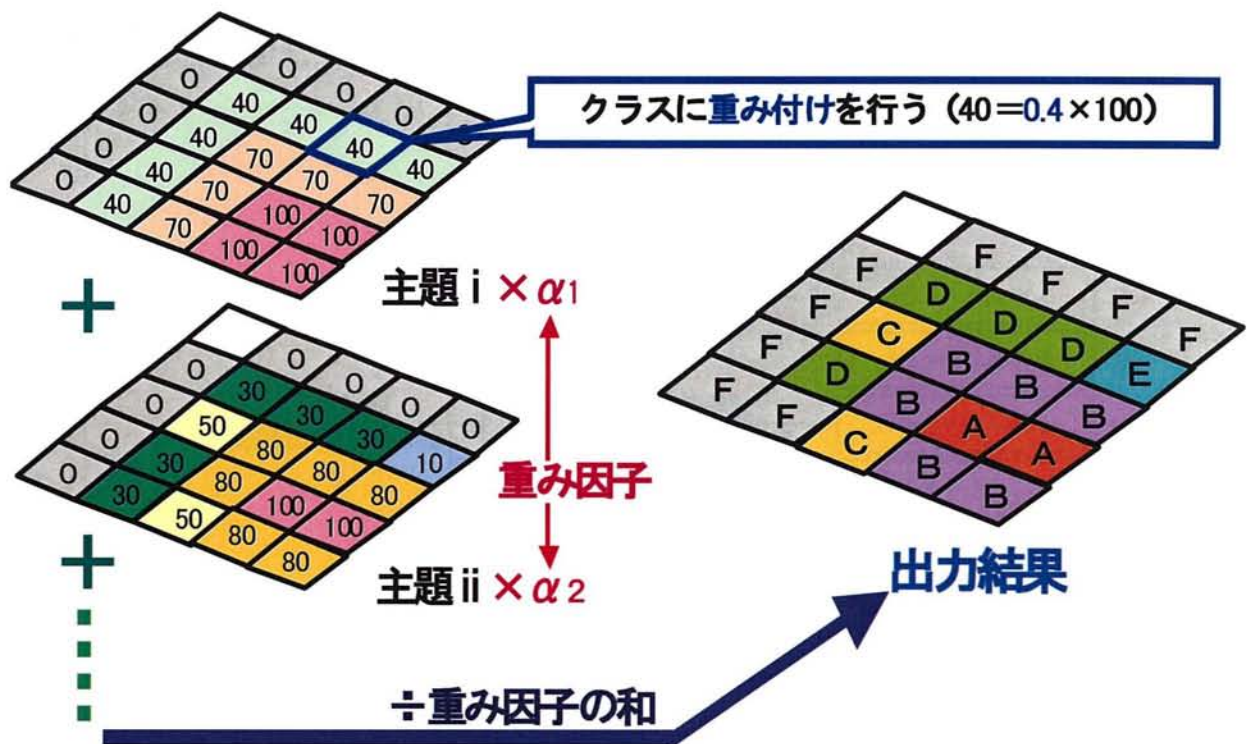


図 4. 4 Multi-Class Maps Model の評価理論概念図

#### 4. 1. 3 Battelle 法的概念を導入したモデル

Battelle 法とは、環境アセスメントの分野で用いられている解析手法で、主要環境インパクトを図4. 5に示すように、カテゴリ→コンポーネント→パラメータに細分し、各パラメータの重要性を環境トータルシステムの中で位置付けるために、合計1000点の重要度単位（PIU：Parameter Importance Unit）を適当に配分する手法である。Battelle 法は、代替的な評価が容易で、途中のステップを明示した点に大きな特徴がある。

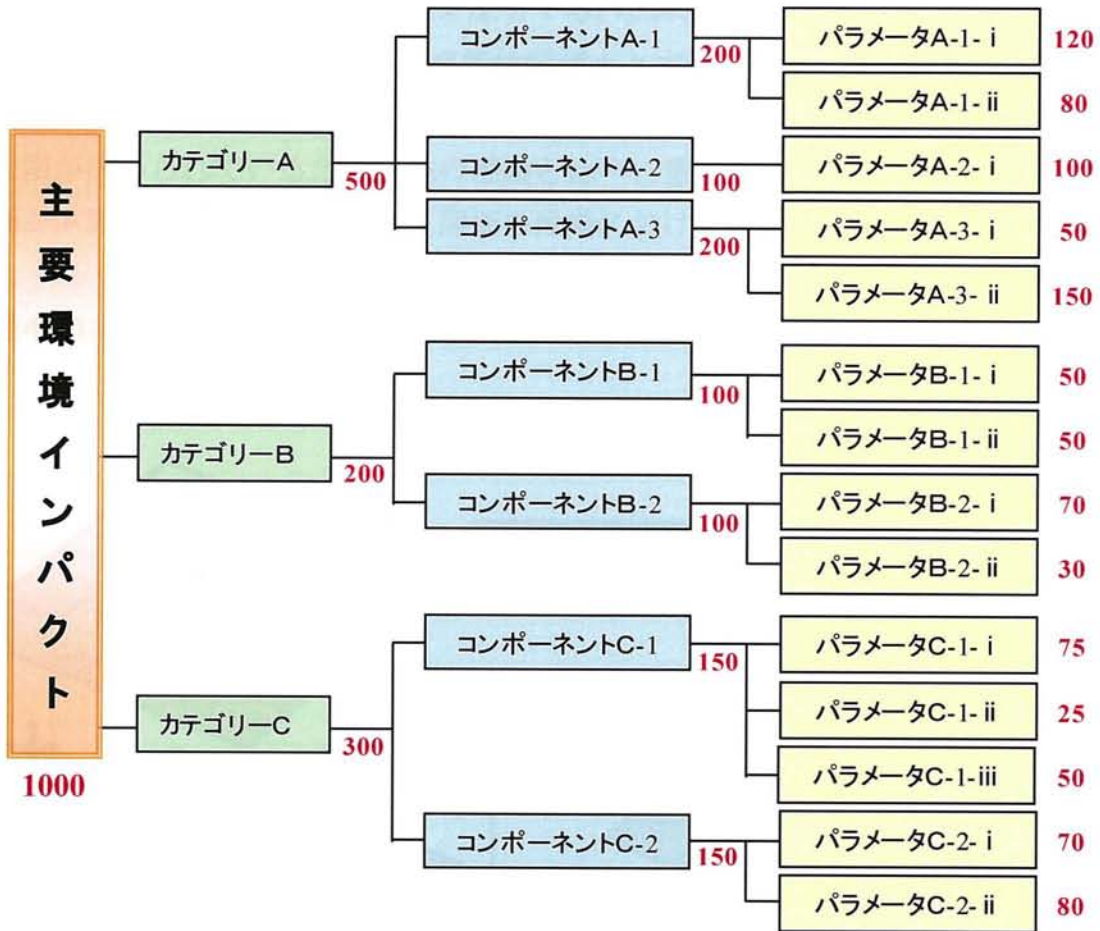


図4. 5 Battelle 法の概念図

この Battelle 法 の概念を 導入したモデルは、各因子について 0~1 の範囲内の因子スコアを定め、これに重み係数を掛けるというものである。この理論を数式としてあらわすと、(4.1) 式 のようになる。

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \alpha_1 f(x_1) + \alpha_2 f(x_2) + \dots + \alpha_n f(x_n) \quad \dots (4.1)$$

$f(x_i)$  : 因子スコア (0~1)

$\alpha_i$  : 重み係数

評価における最高得点を 100 と仮定する場合、重み係数の合計が  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 100$  となるように各因子の係数を配分する。なお、本研究における評価最高得点は、使用データ数から 1000 とし転用可能性評価点とする。つまり  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1000$  ということである。このモデルの利点は、因子スコア、重み係数共に、付加する点数の上限が決められているため、他の理論と比べ、重み係数の点数配分が容易であり、評価システムとしての総合性と、評価の段階における客観性を中心としている点である。

図4. 6に、Battelle 法的概念を導入したモデルの評価理論概念を示す。

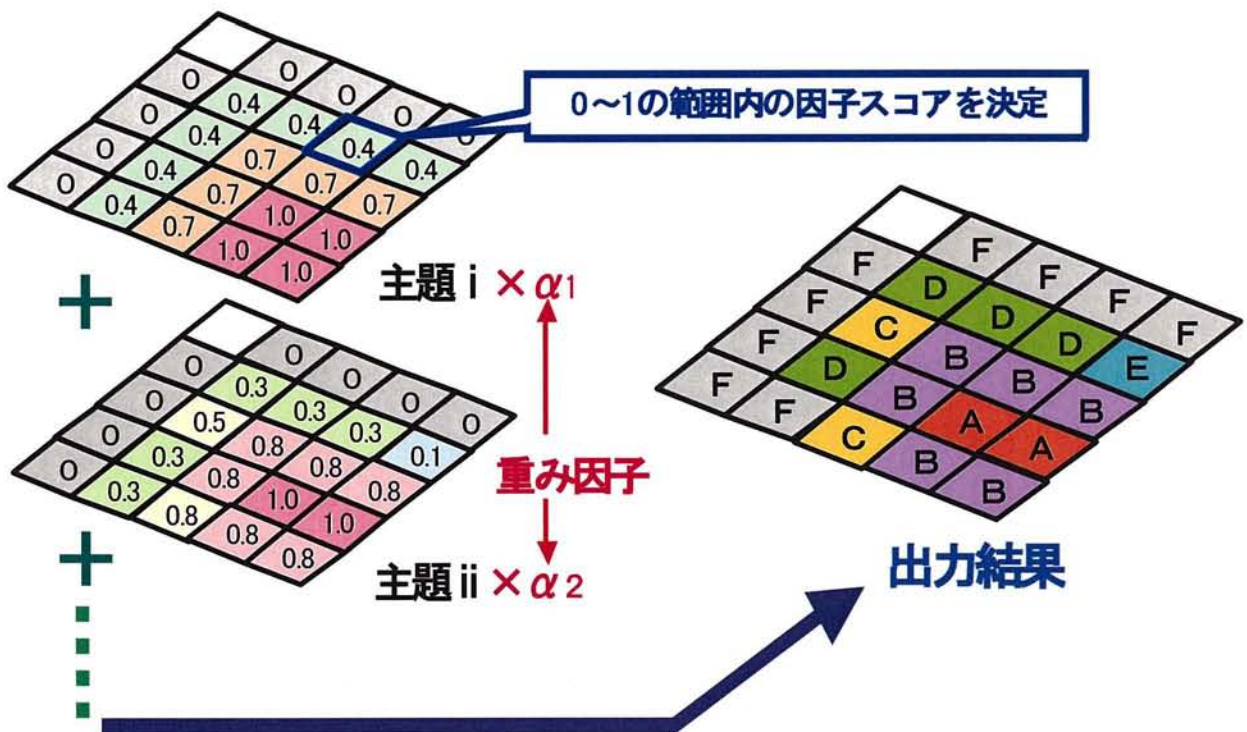


図4. 6 Battelle 法的概念を導入したモデルの評価理論概念図

## 4.2 因子スコアの決定

Battelle 法的概念を導入したモデルにおける、因子スコアを決定する際に、以下の3通りの表現方法を用いた。なお、この表現方法は Multi-Class Maps Model のクラスに重みを付加する場合にも用いられる。

### (1) 2値化

骨材資源の有無、採掘場の可視／不可視といった情報の有無、Yes or No すなわち、 $f(x)=0$  or  $1$  の表現をするもの。国立公園などの開発不可能地域の抽出がこれに当る。

### (2) ステップ関数

ある一定の区間において、同一のスコアを与えるもの。石炭資源の評価要素に関しては、この関数が多く用いられる。

### (3) 連続関数

一次関数 ( $y=ax+b$ )、二次関数 ( $y=ax^2+bx+c$ )、指数関数 ( $y=a \exp(bx)$ ) などの連続した関数を利用して、因子スコアを0～1の範囲内で決定するもの。

## 5. 転用可能性ポテンシャル評価手法

### 5.1 転用可能性ポテンシャル評価手法

採掘跡地を放置されたままとせず、廃棄物の最終処分場として利用できないかを検討するために、本研究では当研究室がこれまでに構築した砕石資源や環境に関するデータベースを基に、評価者の合意形成を含め意見を反映させ、定量的に評価する方法として、AHP（階層化意思決定法）の導入を試み、転用に関する住民の環境保全に対する意思を集約し、転用と保全を調整していくような評価システムを構築した。

評価に使用する評価基準は、当研究室でこれまでに構築した砕石資源や環境に関するデータベースの中から、34個の項目を評価者ごとに最適なものを選定し、評価者別（シナリオ別）に評価をしてもらった。

表5.1に、評価基準として選定した34個の項目を示す。各評価基準はより詳しく知るためにシナリオ別に選定されたアンケートをつくり、評価を実施した。

表5.1 評価基準として採用した34項目

| No. | データ名    | No. | データ名  | No. | データ名     | No. | データ名    |
|-----|---------|-----|-------|-----|----------|-----|---------|
| 1   | 圧縮強度    | 10  | 地質年代  | 19  | 積雪深      | 28  | 既開発地域   |
| 2   | 引張強度    | 11  | 相対標高  | 20  | 法的規制区域   | 29  | 居住距離    |
| 3   | 吸水率     | 12  | 地形起伏度 | 21  | 保安林      | 30  | 可視領域    |
| 4   | 弾性波伝播係数 | 13  | 傾斜方向  | 22  | 森林所有区分   | 31  | 植生自然度   |
| 5   | 透水係数    | 14  | 傾斜角度  | 23  | 文化財      | 32  | 自然景観    |
| 6   | 地下水位    | 15  | 河川    | 24  | 地価       | 33  | 特定植物群落  |
| 7   | 地下水流    | 16  | 湖沼    | 25  | 市場距離     | 34  | 貴重動植物分布 |
| 8   | 岩質      | 17  | 降水量   | 26  | 道路密度     |     |         |
| 9   | 層序      | 18  | 気温    | 27  | 人口ポテンシャル |     |         |

## 5.2 転用可能性ポテンシャルティー評価フロー

図5.2に、本研究で構築した転用可能性ポテンシャルティーの評価フローを示す。図に示すように、転用可能性ポテンシャルティー評価システムは、露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用が計画されている地域において、開発最適地の決定のための意思決定を支援するシステムである。

図5.3に、各STEPの概要を示す。

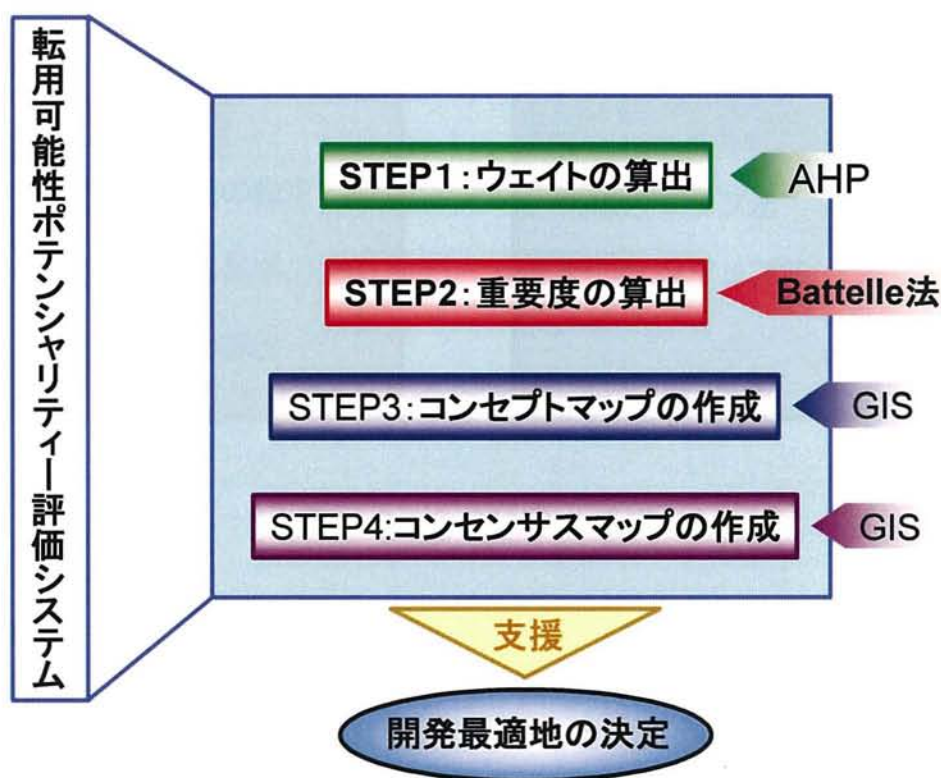


図5.2 転用可能性ポテンシャルティー評価フロー



図5.3 各STEPの概要

◆ STEP1

STEP1では、はじめに転用に関わる多くの意思を反映させ、最終的な評価において集団的な合意を形成するために、属性の異なるいくつかのグループを参集する。露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用が計画されている場合、転用に直接関わる碎石事業者だけでなく、その地域の周辺住民や、場合によっては環境保護団体などを参集する。

次に転用可能性ポテンシャルティー評価に使用する評価基準の抽出を行い階層構造の設定を決定する。さらに抽出した評価基準に対して、AHPを適用し、各評価基準のウェイトを算出する。

◆ STEP2

STEP2では、どの碎石場を対象とするか決定し、評価対象域の設定を行う。次にこの評価対象域においてSTEP1より抽出された評価基準の中から重要な評価基準を選



び出す。さらに Battelle 法 的概念を導入したモデルに、階層化意思決定法により算出されたウェイトの比率に基づいた重み係数を算出する。

### ◆ STEP3

STEP3 では、GIS を使用し、グループ毎のコンセプトマップ（構想図）を作成する。GIS を使用してコンセプトマップを作成する際は、予め各評価基準を GIS データ化しておかなければならない。そのため、必要としているデータを入手するか、もし評価基準を満足するようなデータが存在しない場合には、自らデータの構築を行う必要がある。おそらく本評価手法で最も時間を費やすことになるのが、「新たな GIS データの構築」という作業である。また評価基準によっては、地理情報として扱いづらい基準が存在することが考えられるが、その場合も何らかの代替的なデータを構築する必要がある。この作業によって各評価基準を GIS のレイヤとして扱うことが可能になり、視覚的な評価が可能となる。

各評価基準が GIS データ化された後、それら各評価基準に 0 から 1 のスコアを与え、評価基準の正規化を行う。これは、GIS データ化された評価基準のスケールがデータによって異なっており、各評価基準を同一のスケールで扱うために行う操作である。

正規化したレイヤに STEP2 で算出した各評価基準のウェイトの積を求め、それらをオーバーレイさせていくことで、グループごとのコンセプトマップを作成する

### ◆ STEP4

STEP4 では、STEP3 で作成した各グループのコンセプトマップ（合意形成図）を使用し、最終的な合意形成であるコンセンサスマップを作成する。

コンセンサスマップは、以下の 2 通りの作成方法が考えられる。これらの方法はどちらも一長一短であり、計画の性質に応じて使い分けることが必要である。

#### (1) 適合マップ法 = ( Concept1 × W<sub>1</sub> + Concept2 × W<sub>2</sub> + Concept3 × W<sub>3</sub> )

各コンセプトマップを一定の比率で足し合わせる方法。適合マップ法では、全てのコンセプトマップを同じレベルで扱うことができ、各グループ間の合意形成に有効である。しかし、ポテンシャルティの高い地点が開発の可能な地点とならなかったり、ポテンシャルティの低い地点が保全を必要とする地点とならなかったりする可能性がある。

#### (2) リスクマップ法 = Concept1 - ( Concept2 × W<sub>1</sub> + Concept3 × W<sub>2</sub> )

コンセプトマップを開発と保全の 2 つにわけ、それぞれに対するリスクマップを作成し、開発（保全）側からそれらのリスクを取り除く方法。リスクマップ法では、ポ

テンシャリティーと開発の可能性（保全の必要性）が一致し、感覚（視覚）的評価と評価結果が一致する。しかし、リスクマップを作成する段階で、コンセプトマップのレベルを一つ下げることになるので、開発側と保全側のグループの比率によっては有効な合意形成とならない可能性がある。

## 6. 転用可能性ポテンシャル評価

### 6.1 STEP1 ウェイトの算出

本研究では、実際の評価者の参集が困難であることから、碎石事業者と一般市民へのアンケートにより、転用に関する意識調査を実施した。また、今回は、環境保護団体への調査はできなかったため、2集団の評価結果を表記する。

個人による AHP の場合には、対話型のソフトウェアを用いて一組ずつ一対比較を実施する方法が有効であるが、集団の場合にはアンケート用紙による方法が効率的である。

図6.1に、意識調査に使用した階層構造を示す。レベル2では一対比較の簡略化のために、各評価基準を岩盤性状、地下水、地質、地形、水系、気象、開発規制、経済、地域社会、自然環境の10個の条件に区分した。なおここでは、シナリオ1：碎石事業者、シナリオ2：一般市民、シナリオ3：環境保護団体となる。

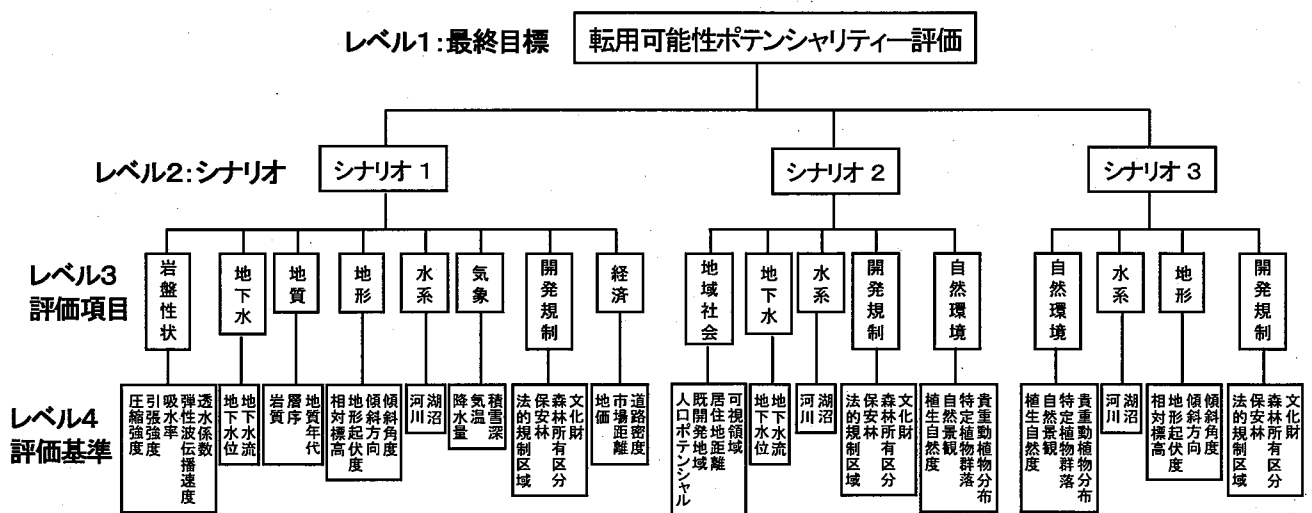


図6.1 意識調査に使用した転用可能性ポテンシャル評価における階層図

アンケートによる場合には、用紙の形式を工夫して回答に偏りが出ないようにする必要はある。最も単純なのは、行列の型をそのまま使用して実施する方法であるが、この場合はどうしても上段の数字に2段目以下が影響されてしまう恐れがある。そこで、今回使用したアンケートでは、図6.2に示すような数直線を使用して一対比較を実施した。

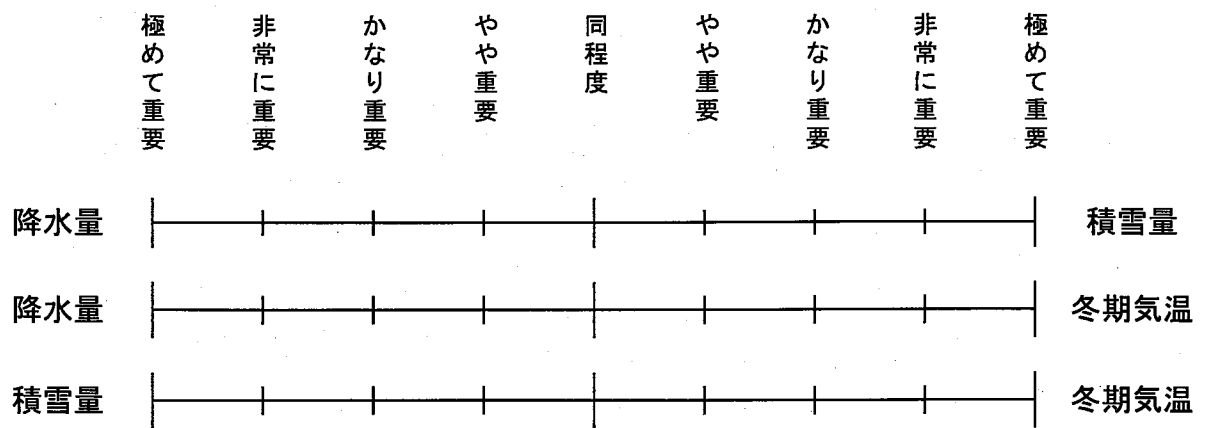


図6.2 意識調査に使用した一対比較例

この方法の特徴の一つは、一対比較の数直線が、中心から左右対称になっていることである。これは、経験的に人間の持っている性質として、肯定で考える場合と否定で考える場合とでは距離感に差があることや、肯定と否定とでは表現と強さのニュアンスが異なる場合があることから、左右で不公平が生じるのを回避するために対称型を採用した。中央は実際の一対比較値では1となり、同様に左端は9、右端は1/9となる。

表6.1、表6.2に各グループ内で合成した砕石事業者と一般市民の一対比較行列を示す。この一対比較行列では、行列の対角の左下側は、対角の一対比較値の逆数となる。今回は、個々の一対比較行列において、整合度判定(CI)で棄却されても、一対比較行列の合成に含めることとした。

表6.1 砕石事業者の評価基準の対比較行列

転用可能性評価の対比較

| 転用可能性 | 岩盤性状 | 地下水  | 地質   | 地形   | 水系   | 気象   | 開発規制 | 経済   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 岩盤性状  | 1    | 0.49 | 1.75 | 1.03 | 0.51 | 2.71 | 0.65 | 0.60 |
| 地下水   |      | 1    | 2.60 | 0.63 | 0.95 | 2.61 | 1.14 | 0.83 |
| 地質    |      |      | 1    | 1.43 | 0.65 | 1.78 | 0.73 | 0.67 |
| 地形    |      |      |      | 1    | 0.73 | 3.53 | 0.63 | 0.63 |
| 水系    |      |      |      |      | 1    | 1.32 | 0.93 | 0.91 |
| 気象    |      |      |      |      |      | 1    | 0.58 | 0.46 |
| 開発規制  |      |      |      |      |      |      | 1    | 0.81 |
| 経済    |      |      |      |      |      |      |      | 1    |

岩盤性状の対比較

| 岩盤性状 | 圧縮強度 | 引張強度 | 吸水率  | 透水係数 |
|------|------|------|------|------|
| 圧縮強度 | 1    | 2.53 | 0.72 | 0.39 |
| 引張強度 |      | 1    | 0.72 | 0.35 |
| 吸水率  |      |      | 1    | 0.64 |
| 透水係数 |      |      |      | 1    |

地下水の対比較

| 地下水  | 地下水流 | 地下水位 |
|------|------|------|
| 地下水流 | 1    | 3.47 |
| 地下水位 |      | 1    |

地質の対比較

| 地質 | 岩質 | 層序   |
|----|----|------|
| 岩質 | 1  | 4.83 |
| 層序 |    | 1    |

地形の対比較

| 地形    | 相対標高 | 地形起伏度 | 傾斜方向 | 傾斜角度 |
|-------|------|-------|------|------|
| 相対標高  | 1    | 0.99  | 0.72 | 0.72 |
| 地形起伏度 |      | 1     | 0.86 | 0.85 |
| 傾斜方向  |      |       | 1    | 1.65 |
| 傾斜角度  |      |       |      | 1    |

水系の対比較

| 水系 | 河川 | 湖沼   |
|----|----|------|
| 河川 | 1  | 3.91 |
| 湖沼 |    | 1    |

気象の対比較

| 気象  | 降水量 | 気温   | 積雪深  |
|-----|-----|------|------|
| 降水量 | 1   | 4.14 | 3.64 |
| 気温  |     | 1    | 0.88 |
| 積雪深 |     |      | 1    |

開発規制の対比較

| 開発規制   | 法的規制区域 | 保安林  | 森林所有区分 | 文化財  |
|--------|--------|------|--------|------|
| 法的規制区域 | 1      | 2.96 | 4.42   | 1.88 |
| 保安林    |        | 1    | 1.96   | 0.94 |
| 森林所有区分 |        |      | 1      | 0.75 |
| 文化財    |        |      |        | 1    |

経済の対比較

| 経済   | 地価 | 市場距離 | 道路密度 |
|------|----|------|------|
| 地価   | 1  | 0.66 | 0.87 |
| 市場距離 |    | 1    | 1.86 |
| 道路密度 |    |      | 1    |

表6.2 一般市民の評価基準の一対比較行列

転用可能性評価の一対比較

| 転用可能性 | 地域社会 | 地下水  | 水系   | 開発規制 | 自然環境 |
|-------|------|------|------|------|------|
| 地域社会  | 1    | 0.82 | 0.65 | 0.91 | 0.42 |
| 地下水   |      | 1    | 0.97 | 2.94 | 0.56 |
| 水系    |      |      | 1    | 1.51 | 0.56 |
| 開発規制  |      |      |      | 1    | 0.41 |
| 自然環境  |      |      |      |      | 1    |

経済の一対比較

| 地域社会     | 人口ポテンシャル | 既開発地域 | 居住地域 | 可視領域 |
|----------|----------|-------|------|------|
| 人口ポテンシャル | 1        | 0.96  | 0.34 | 0.62 |
| 既開発地域    |          | 1     | 0.37 | 0.83 |
| 居住地域     |          |       | 1    | 1.81 |
| 可視領域     |          |       |      | 1    |

地下水の一対比較

| 地下水  | 地下水流 | 地下水位 |
|------|------|------|
| 地下水流 | 1    | 1.11 |
| 地下水位 |      | 1    |

水系の一対比較

| 水系 | 河川 | 湖沼   |
|----|----|------|
| 河川 | 1  | 1.25 |
| 湖沼 |    | 1    |

開発規制の一対比較

| 開発規制   | 法的規制区域 | 保安林  | 森林所有区分 | 文化財  |
|--------|--------|------|--------|------|
| 法的規制区域 | 1      | 1.17 | 1.28   | 0.73 |
| 保安林    |        | 1    | 1.19   | 0.75 |
| 森林所有区分 |        |      | 1      | 0.70 |
| 文化財    |        |      |        | 1    |

自然環境の一対比較

| 自然環境    | 植生自然度 | 自然景観 | 特定植物群落 | 貴重動植物分布 |
|---------|-------|------|--------|---------|
| 植生自然度   | 1     | 1.32 | 0.66   | 0.43    |
| 自然景観    |       | 1    | 0.62   | 0.50    |
| 特定植物群落  |       |      | 1      | 0.62    |
| 貴重動植物分布 |       |      |        | 1       |

表6. 3に、砕石事業者に対する意識調査結果から算出したウェイトを示す。この結果より、砕石事業者は地下水や水系、経済といった条件を重視しており、特に水に係る項目のウェイトが高く、環境に対して関心が高いことがわかった。また、経済面では、特に利潤面に深く関わってくる市場距離を重要視していることがわかった。環境に配慮する意識はとても高く、企業として利益を重要視していることがわかった。

表6. 3 砕石事業者のウェイト表

| レベル2  | レベル3 | ウェイト   | レベル4  | ウェイト |
|-------|------|--------|-------|------|
| シナリオ1 | 岩盤性状 | 0.11   | 圧縮強度  | 0.21 |
|       |      |        | 引張強度  | 0.13 |
|       |      |        | 吸水率   | 0.24 |
|       |      |        | 透水係数  | 0.42 |
|       | 地下水  | 0.16   | 地下水位  | 0.78 |
|       |      |        | 地下水流  | 0.22 |
|       | 地質   | 0.10   | 岩質    | 0.83 |
|       |      |        | 層序    | 0.17 |
|       | 地形   | 0.13   | 相対標高  | 0.21 |
|       |      |        | 地形起伏度 | 0.23 |
|       |      |        | 傾斜方向  | 0.32 |
|       |      |        | 傾斜角度  | 0.25 |
|       | 水系   | 0.14   | 河川    | 0.80 |
|       |      |        | 湖沼    | 0.20 |
|       | 気象   | 0.06   | 降水量   | 0.66 |
|       |      |        | 気温    | 0.16 |
|       |      |        | 積雪深   | 0.18 |
| 開発規制  | 0.14 | 法的規制区域 | 0.48  |      |
|       |      | 保安林    | 0.19  |      |
|       |      | 森林所有区分 | 0.12  |      |
|       |      | 文化財    | 0.20  |      |
| 経済    | 0.16 | 地価     | 0.27  |      |
|       |      | 市場距離   | 0.46  |      |
|       |      | 道路密度   | 0.27  |      |



表6. 4に、一般市民に対する意識調査結果から算出したウェイトを示す。この結果より、地下水や水系、自然環境といった条件を特に重要視しており、環境への影響に関心がある結果となった。また、居住地距離という住まいの安全や快適性についても重要視している結果であった。砕石事業者と同様に、環境に配慮する意識はとて高く、快適に過ごしたいという意識が伺われる。

表6. 4 一般市民のウェイト表

|         | レベル3 | ウェイト | レベル4     | ウェイト |
|---------|------|------|----------|------|
| シナリオ2   | 地域社会 | 0.14 | 人口ポテンシャル | 0.15 |
|         |      |      | 既開発規制    | 0.17 |
|         |      |      | 居住地距離    | 0.44 |
|         |      |      | 可視領域     | 0.23 |
|         | 地下水  | 0.22 | 地下水位     | 0.53 |
|         |      |      | 地下水流     | 0.47 |
|         | 水系   | 0.20 | 河川       | 0.56 |
|         |      |      | 湖沼       | 0.44 |
|         | 開発規制 | 0.12 | 法的規制区域   | 0.25 |
|         |      |      | 保安林      | 0.23 |
|         |      |      | 森林所有区分   | 0.20 |
|         |      |      | 文化財      | 0.31 |
|         | 自然環境 | 0.33 | 植生自然度    | 0.18 |
|         |      |      | 自然環境     | 0.16 |
| 特定植物群落  |      |      | 0.26     |      |
| 貴重動植物分布 |      |      | 0.39     |      |

## 6.2 STEP2 重要度の算出

本研究のシステムを検証するために、1つの砕石場を対象として事例研究を行った。評価対象域は宮城県北部の砕石場を中心とした半径10kmとした。設定理由としては、この砕石場は意識調査において最終処分場への転用に積極的であると回答したこと、すでに廃棄物の受入を行っていることが挙げられる。

次に、STEP1で抽出された評価基準から評価対象域に対して重要である評価基準を選定し、同時にデータの入手が困難な評価基準を除外した。その結果、砕石事業者においては、7カテゴリー、19コンポーネント、一般市民においては、4カテゴリー、14コンポーネントに細分化した。これにより、それぞれの評価における各段階で、必要なデータを自由に選択し利用できる。また、データをカテゴリー分類することにより、各データの所在の把握も容易となる。

表6.5にその評価基準、図6.6に階層構造を示す。

表6.5 対象域に対して採用された評価基準27項目

| No. | データ名 | No. | データ名   | No. | データ名     | No. | データ名    |
|-----|------|-----|--------|-----|----------|-----|---------|
| 1   | 圧縮強度 | 8   | 河川     | 15  | 保安林      | 22  | 居住地距離   |
| 2   | 引張強度 | 9   | 湖沼     | 16  | 森林所有区分   | 23  | 可視領域    |
| 3   | 吸水率  | 10  | 降水量    | 17  | 地価       | 24  | 植生自然度   |
| 4   | 岩質   | 11  | 気温     | 18  | 市場距離     | 25  | 自然環境    |
| 5   | 相対標高 | 12  | 積雪深    | 19  | 道路密度     | 26  | 特定植物群落  |
| 6   | 傾斜方向 | 13  | 法的規制区域 | 20  | 人口ポテンシャル | 27  | 貴重動植物分布 |
| 7   | 傾斜角度 | 14  | 文化財    | 21  | 既開発地域    |     |         |

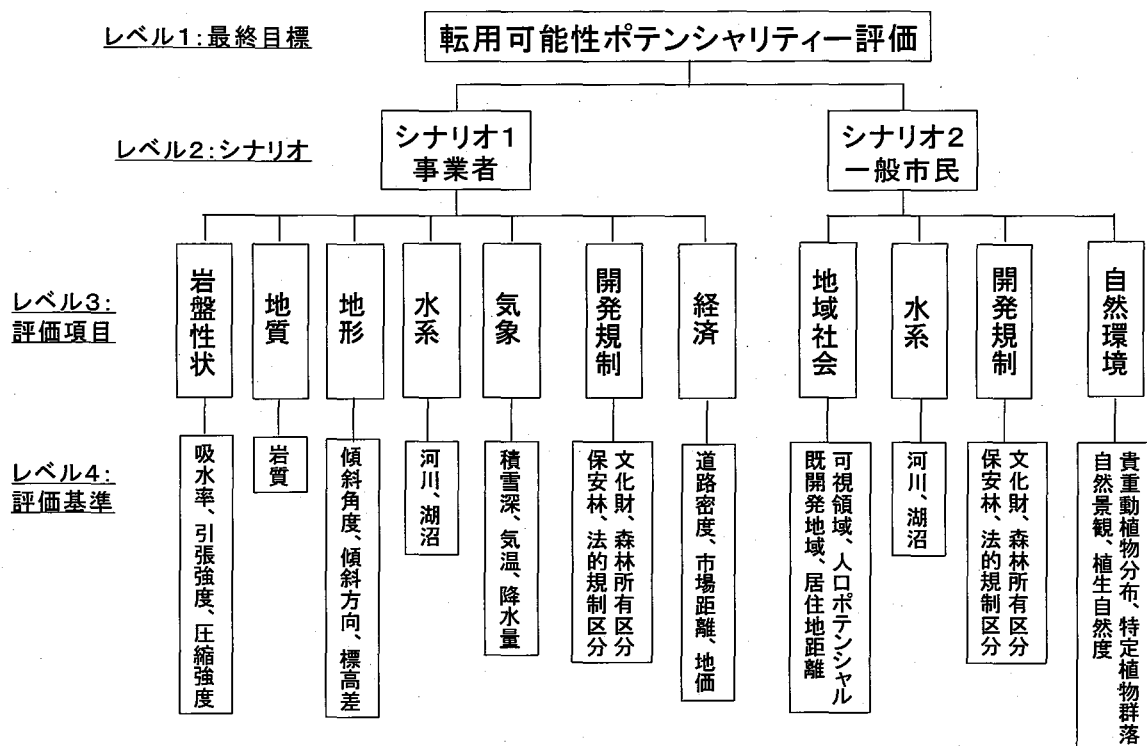


図6.3 対象域に対して構成された階層構造

さらに重み係数の算出を行った。STEP 1において抽出された評価基準 34 項目から STEP 2の②で 27 項目に選定を行った為、除外された評価基準を含むカテゴリー、コンポーネントは、一対比較行列をつくり直し AHP の理論によりウェイトを再算出した。なお CI はいずれも  $CI < 0.1$  となり整合性のある結果だと言える。このウェイトを比率として重み係数を決定した。この際、重み係数の分配には、当研究室での研究成果を踏まえて Battelle 法的概念を導入したモデルにトップダウン形式を採用した。トップダウン形式とは合計 1000 の重み係数を、まず、カテゴリーに配分し、同じカテゴリー内のコンポーネント順に割振りする方法である。

表6.6に事業者、表6.7に一般市民の重み係数を示す。

表6.6 事業者の重み係数

| カテゴリ | 重み係数 | コンポーネント | 重み係数 |
|------|------|---------|------|
| 岩盤性状 | 138  | 圧縮強度    | 54   |
|      |      | 引張強度    | 29   |
|      |      | 吸水率     | 55   |
| 地質   | 122  | 岩質      | 122  |
| 地形   | 134  | 標高差     | 35   |
|      |      | 傾斜方向    | 58   |
|      |      | 傾斜角度    | 41   |
| 水系   | 171  | 河川      | 137  |
|      |      | 湖沼      | 35   |
| 気象   | 76   | 降水量     | 50   |
|      |      | 冬期気温    | 12   |
|      |      | 積雪深     | 14   |
| 開発規制 | 169  | 法的規制区域  | 82   |
|      |      | 保安林     | 33   |
|      |      | 森林所有区分  | 20   |
|      |      | 文化財     | 34   |
| 経済   | 190  | 地価      | 51   |
|      |      | 市場距離    | 87   |
|      |      | 道路密度    | 52   |

表6.7 一般市民の重み係数

| カテゴリ | 重み係数 | コンポーネント  | 重み係数 |
|------|------|----------|------|
| 地域社会 | 163  | 人口ポテンシャル | 25   |
|      |      | 既開発地域    | 28   |
|      |      | 居住地距離    | 72   |
|      |      | 可視領域     | 38   |
| 水系   | 248  | 河川       | 138  |
|      |      | 湖沼       | 110  |
| 開発規制 | 172  | 法的規制区域   | 43   |
|      |      | 保安林      | 40   |
|      |      | 森林所有区分   | 35   |
|      |      | 文化財      | 54   |
| 自然環境 | 417  | 植生自然度    | 76   |
|      |      | 自然環境     | 69   |
|      |      | 特定植物群落   | 109  |
|      |      | 貴重動植物分布  | 163  |

### 6.3 STEP3 コンセプトマップの作成

STEP3 では、GIS を使用し、グループ毎のコンセプトマップ（構想図）を作成する。GIS を使用してコンセプトマップを作成する際は、予め各評価基準を GIS データ化しておかなければならない。そのため、必要としているデータを手に入るか、もし評価基準を満足するようなデータが存在しない場合には、自らデータの構築を行う必要がある。

欠如しているデータは圧縮強度、引張強度、吸水率であり、既存資料である「東北地方の砕石山の現状に関する調査研究（宮城・福島）」をもとにポイントデータを作成し、Arc GIS の解析機能を使用してサーフェスの作成を行った。この作業によって各評価基準を GIS のレイヤとして扱うことが可能になり、視覚的な評価が可能となる。この解析には Arc GIS の拡張機能である Spatial Analyst を使用した。

図6.4に、一例として作成した吸水率データを示す。



図6.4 サーフェス化された吸水率データ

コンセプトマップを作成するために、GIS のデータをラスタデータに統一する必要がある。全ての評価基準のデータをラスタデータに変換し、因子スコアを決定する。本研究の Battelle 法的概念を導入した手法では、「4.1.3 Battelle 法的概念を導入したモデル」において説明したように、2値化、ステップ関数、連続関数の3通りの表現を用いた。

表6.8に事業者の各パラメータにおける因子スコアの概要、表6.9に一般市民の各パラメータにおける因子スコアの概要を示す。

表6.8 事業者の各パラメータにおける因子スコアの概要

| カテゴリ  | コンポーネント | パラメータ  | 正規化方法  | スコア  | 使用関数   |      |        |   |
|-------|---------|--------|--------|--|--|------|--------|---|
| 砕石事業者 | 岩盤性状    | 圧縮強度   | 連続関数   | f(x)   | $0(x \leq 500)$<br>$(1/\sqrt{1000}) * \sqrt{x-500} \quad (200 \leq x \leq 1500)$<br>$1(1500 \leq x)$                                       |      |        |   |
|       |         | 引張強度   |        |  |  |      |        |   |
|       |         | 吸水率    | 連続関数   | f(x)   | $1(0 \leq x \leq 2)$<br>$\sqrt{-x+3}$<br>$0(3 \leq x)$   |      |        |   |
|       | 地質      | 岩質     | ランク付け  | 0  | 砂・泥・礫・石灰岩、湖  |      |        |   |
|       |         |        |        | 0.5  | 砂岩・泥岩、砂岩・頁岩  |      |        |   |
|       |         |        |        | 1  | 花崗岩、玄武岩、流紋岩、安山岩  |      |        |   |
|       | 地形      | 標高差    | 連続関数   | f(x)   | $(1/150)x \quad (0 \leq x \leq 150)$<br>$1(150 \leq x \leq 200)$<br>$-(1/200)x + (400/200) \quad (200 \leq x \leq 400)$<br>$0(400 \leq x)$ |      |        |   |
|       |         |        |        | 傾斜方向   | ランク付け  | 0    | 北、傾斜なし |   |
|       |         |        |        |  |  | 0.25 | 北東、北西  |   |
|       |         | 0.5    | 東、西    |  |  |      |        |   |
|       |         | 0.75   | 南東、南西  |  |  |      |        |   |
|       |         | 1      | 南      |  |  |      |        |   |
|       | 傾斜角度    | 連続関数   | f(x)   | $(1/15)x \quad (0 \leq x \leq 15)$<br>$1(15 \leq x \leq 25)$<br>$-(1/15)x + (40/15) \quad (25 \leq x \leq 40)$<br>$0(40 \leq x)$ |  |      |        |   |
|       |         |        |        | 水系   | 河川   | 連続関数 | f(x)   | $0(0 \leq x \leq 1)$<br>$(1/3)\log_2(x) \quad (1 \leq x \leq 8)$<br>$1(8 \leq x)$                               |
|       | 湖沼      | 連続関数   | f(x)   |  |  |      |        | $0(0 \leq x \leq 1)$<br>$(1/3)\log_2(x) \quad (1 \leq x \leq 8)$<br>$1(8 \leq x)$                               |
|       |         |        |        | 気象   | 降水量  | 連続関数 | f(x)   | $1(0 \leq x \leq 1400)$<br>$(1/36)(x/100)^2 - 4(x/100) + 400 \quad (1400 \leq x \leq 2000)$<br>$0(2000 \leq x)$ |
|       | 冬期気温    | 連続関数   | f(x)   |  |  |      |        | $0(x \leq -3)$<br>$(1/9)(x^2 + 6x + 9) \quad (-3 \leq x \leq 0)$<br>$1(0 \leq x)$                               |
|       |         |        |        |  |  |      |        | 積雪深   |
|       | 開発規制    | 法的規制区域 | 2値化    | 0  | 規制区域内  |      |        |   |
|       |         |        |        | 1  | 規制区域外  |      |        |   |
|       |         | 保安林    | ランク付け  | 0  | 概ね50%以上を占める  |      |        |   |
|       |         |        |        | 0.5  | その他  |      |        |   |
|       | 森林所有区分  | ランク付け  | 0      | 国有林が概ね50%以上を占める  |  |      |        |   |
|       |         |        | 0.5    | その他  |  |      |        |   |
|       | 文化財     | 2値化    | 0      | 区域内  |  |      |        |   |
|       |         |        | 1      | 区域外  |  |      |        |   |
|       | 経済      | 地価     | ステップ関数 | f(x)   | クラス数101で等間隔分類、小さいほど高得点   |      |        |   |
|       |         | 市場距離   | 連続関数   | f(x)   | $(1/400)(x^2 - 40x + 400) \quad (0 \leq x \leq 20)$<br>$0(20 \leq x)$  |      |        |   |
|       |         | 道路密度   | 連続関数   | f(x)   | $0(x=0)$<br>$(1/3)\log_2(x) \quad (1 \leq x \leq 8)$<br>$1(8 \leq x)$  |      |        |   |

表6.9 一般市民の各パラメータにおける因子スコアの概要

| カテゴリ | コンポーネント | パラメータ    | 正規化方法  | スコア  | 使用関数   |   |
|------|---------|----------|--------|--|--|---|
| 一般市民 | 地域社会    | 人口ポテンシャル | ステップ関数 | $f(x)$   | クラス数101で等間隔分類、大きいほど高得点   |   |
|      |         | 既開発地域    | ランク付け  | 0  | 市街地  |   |
|      |         |          |        | 0.1  | 緑の多い住宅地  |   |
|      |         |          |        | 0.2  | 造成地  |   |
|      |         |          |        | 0.3  | 工場地帯   |   |
|      |         |          |        | 0.6  | 牧草地  |   |
|      |         |          |        | 1  | その他  |   |
|      |         | 居住地距離    | 連続関数   | $f(x)$   | $0 (0 \leq x \leq 1)$<br>$(1/3) \log_2(x) (1 \leq x \leq 8)$<br>$1 (8 \leq x)$ |   |
|      |         | 可視領域     | 2値化    | 0  | 可視領域内  |   |
|      | 1       | 可視領域外    |        |  |  |   |
|      | 水系      | 河川       | 連続関数   | $f(x)$   | $0 (0 \leq x \leq 1)$<br>$(1/3) \log_2(x) (1 \leq x \leq 8)$<br>$1 (8 \leq x)$ |   |
|      |         | 湖沼       | 連続関数   | $f(x)$   | $0 (0 \leq x \leq 1)$<br>$(1/3) \log_2(x) (1 \leq x \leq 8)$<br>$1 (8 \leq x)$ |   |
|      |         | 法的規制区域   | 連続関数   | $f(x)$   | 0  | $0 (0 \leq x \leq 1)$                                 |
|      |         |          |        |  | 1  | $(1/2) \log_2(x) (1 \leq x \leq 4)$<br>$1 (4 \leq x)$ |
|      | 開発規制    | 保安林      | ランク付け  | 0  | 概ね50%以上を占める  |   |
|      |         | 森林所有区分   | ランク付け  | 0.5  | その他  |   |
|      |         |          |        | 1  | 森林なし   |   |
|      |         |          |        | 0  | 国有林または民有林が50%以上を占める  |   |
|      |         | 1        | その他    |  |  |   |
|      | 文化財     | 連続関数     | $f(x)$ | $0 (0 \leq x \leq 1)$<br>$(1/3) \log_2(x) (1 \leq x \leq 8)$<br>$1 (8 \leq x)$ |  |   |
|      | 自然環境    | 植生自然度    | ランク付け  | 1  | 98: 自然裸地   |   |
|      |         | 自然景観     |        | 0  | 99: 開放水域   |   |
|      |         | 特定植物群落   | 連続関数   | $f(x)$   | $0 (0 \leq x \leq 1)$<br>$(1/3) \log_2(x) (1 \leq x \leq 8)$<br>$1 (8 \leq x)$ |   |
|      |         | 貴重動植物分布  | 2値化    | 1  | 範囲外  |   |
| 0    |         |          |        | 範囲内  |  |   |

正規化したレイヤに STEP2 で算出した各評価基準の重み係数の積を求め、「4. 1. 3 Battelle 法的概念を導入したモデル」で説明したように、オーバーレイさせていくことで、グループごとのコンセプトマップを作成した。

図6. 5に砕石事業者のコンセプトマップ、図6. 6に一般市民のコンセプトマップを示す。セルの大きさは、1km×1km である。

砕石事業者のコンセプトマップにおいて、中心の砕石場のあるセルの転用可能性評価点は 745 点となり、一般市民のコンセプトマップにおいては 523 点となった。

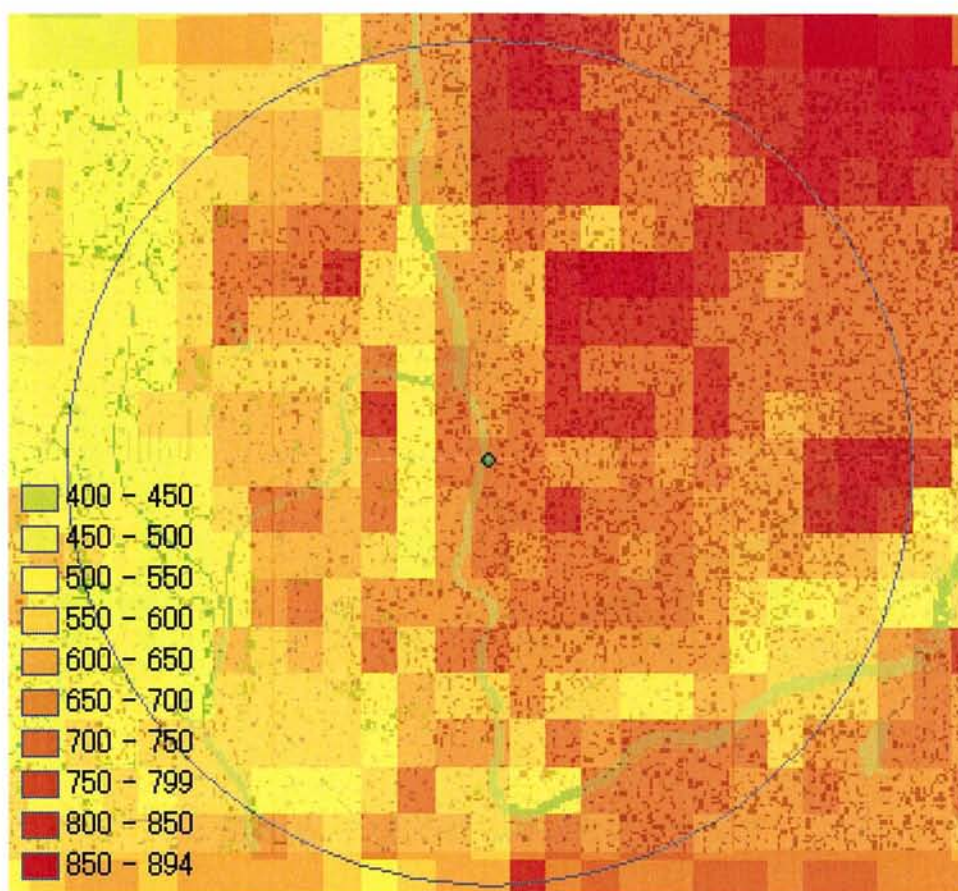


図6. 5 砕石事業者のコンセプトマップ



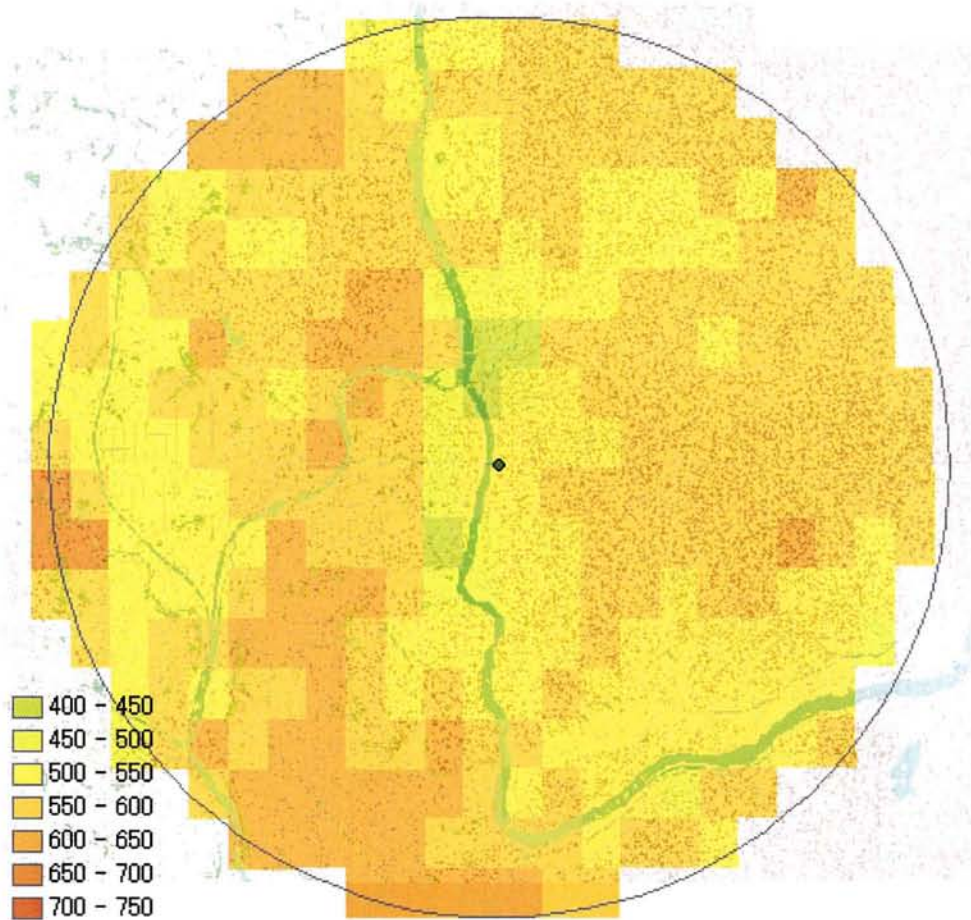


図6.6 一般市民のコンセプトマップ

#### 6. 4 STEP4 コンセンサスマップの作成

図6. 7に、適合マップ法で作成した評価対象域のコンセンサスマップを示す。ここで、適合マップ法のウェイト比は1:1とした。この図で示すように、コンセンサスマップのポテンシャルティは、0~1000のスコアで算出される。砕石場のあるセルの転用可能性評価点は634点となった。

この結果は、砕石業者と一般市民の両者の意思が反映された結果であり、これら2つの評価結果によってポテンシャルティが高いと判断された地域で、露天採掘跡地を廃棄物最終処分場にすることが望ましいといえる。

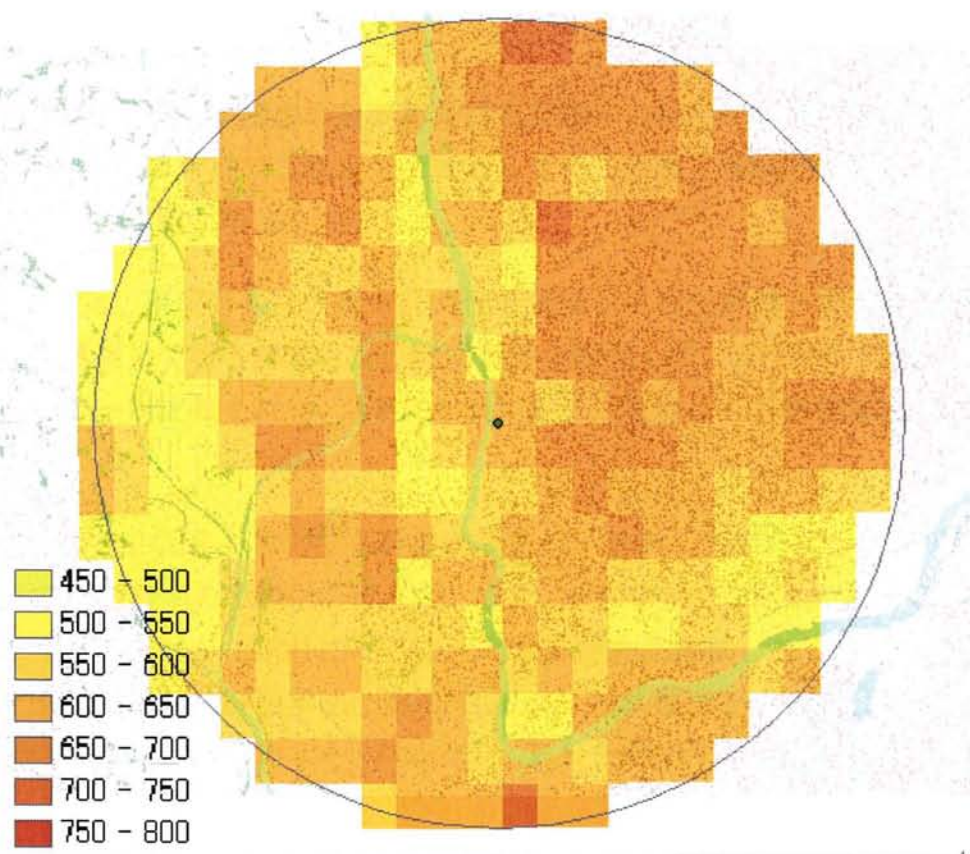


図6. 7 評価対象域のコンセンサスマップ

## 7. まとめ

露天採掘跡地を廃棄物最終処分場に利用しようとする試みは従来から行われてきたが、殆どが地域住民の強い反発に会い実施に移されていないのが現状である。それは科学的データに基づく技術的検討が不足していることもさることながら、社会的要請と地域住民の合意形成を定量的に評価する手法がなかったことにも由来する。本研究は、GISを利用したデータベースに基づき、階層化意志決定法を適用することによって、露天採掘跡地の廃棄物最終処分場への転用の可能性を定量的に評価するシステムの構築を行った。

本研究で得られた結果をまとめると、次のとおりである。

- (1) 転用可能性評価システムは、STEP1：評価基準の抽出、STEP2：ウェイトの算出、STEP3：コンセプトマップの作成、STEP4：コンセンサスマップの作成の4つのSTEPで構成した。
- (2) STEP1では、露天採掘場の廃棄物最終処分場への転用可能性評価に対する評価基準として、当研究室でこれまでに構築した砕石資源と環境に関するデータベースの中から、34個の項目を抽出した。
- (3) STEP2では、事業者が受入量や経済性を重視して行う評価と地域住民が居住地への影響を重視して行う評価という階層構造を設定して、STEP1で抽出した評価基準に対して一対比較を行い、AHPを適用することにより各評価基準のウェイトを算出した。
- (4) STEP3では、GISを用いて各評価基準をデータ化したのちに0~1の因子スコアを与えて評価基準の正規化を行った。また、STEP2で算出した各評価基準のウェイトを全体の合計が1,000になるように重み係数に換算した。これら値を用いて、環境アセスメントの評価手法である Battelle 法的概念を導入し、次式を用いて転用可能性ポテンシャルティ  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  を算出する方法を考案した。

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_1 f(x_1) + a_2 f(x_2) + \dots + a_n f(x_n)$$

$f(x_i)$ ：因子スコア、 $a_i$ ：重み係数 ( $a_1 + a_2 + \dots + a_n = 1,000$ )

事業者と地域住民について求めた露天採掘跡地周辺の転用可能性ポテンシャルティを、1kmメッシュのラスタデータとして表したコンセプトマップを作成した。

- (5) STEP4では、STEP3で作成した各グループのコンセプトマップを使用して、最

終的な合意形成であるコンセンサスマップ（合意形成図）を作成した。コンセンサスマップの作成には、各コンセプトマップを一定の比率で足し合わせる方法である適合マップ法とコンセプトマップを開発と保全の2つに分けてそれぞれに対するリスクマップを作成し、一方から他方のリスクを差し引く方法であるリスクマップ法で作成する方法を考案した。

- (6) 本研究で構築した転用可能性評価システムを用いて、事例研究として宮城県北部の砕石場の廃棄物最終処分場への転用可能性ポテンシャルティの評価を行った。その結果、土地の相対的な重要度を評価することができ、定量的にポテンシャルティを把握することが可能となった。

砕石場などの環境に直接影響を及ぼすような開発においては、異なる評価基準を持つ集団の合意を形成する際に、AHPを適用した空間決定支援システムが有効であり、本研究で確立した転用可能性評価システムは、最終処分場の適地を抽出し、最終的な最適地の決定を支援システムとして機能することが期待される。

本研究の成果が、露天採掘跡地の有効利用と廃棄物最終処分場の確保という当面する2つの課題を解決する上で、有効に活用されることを念願する。