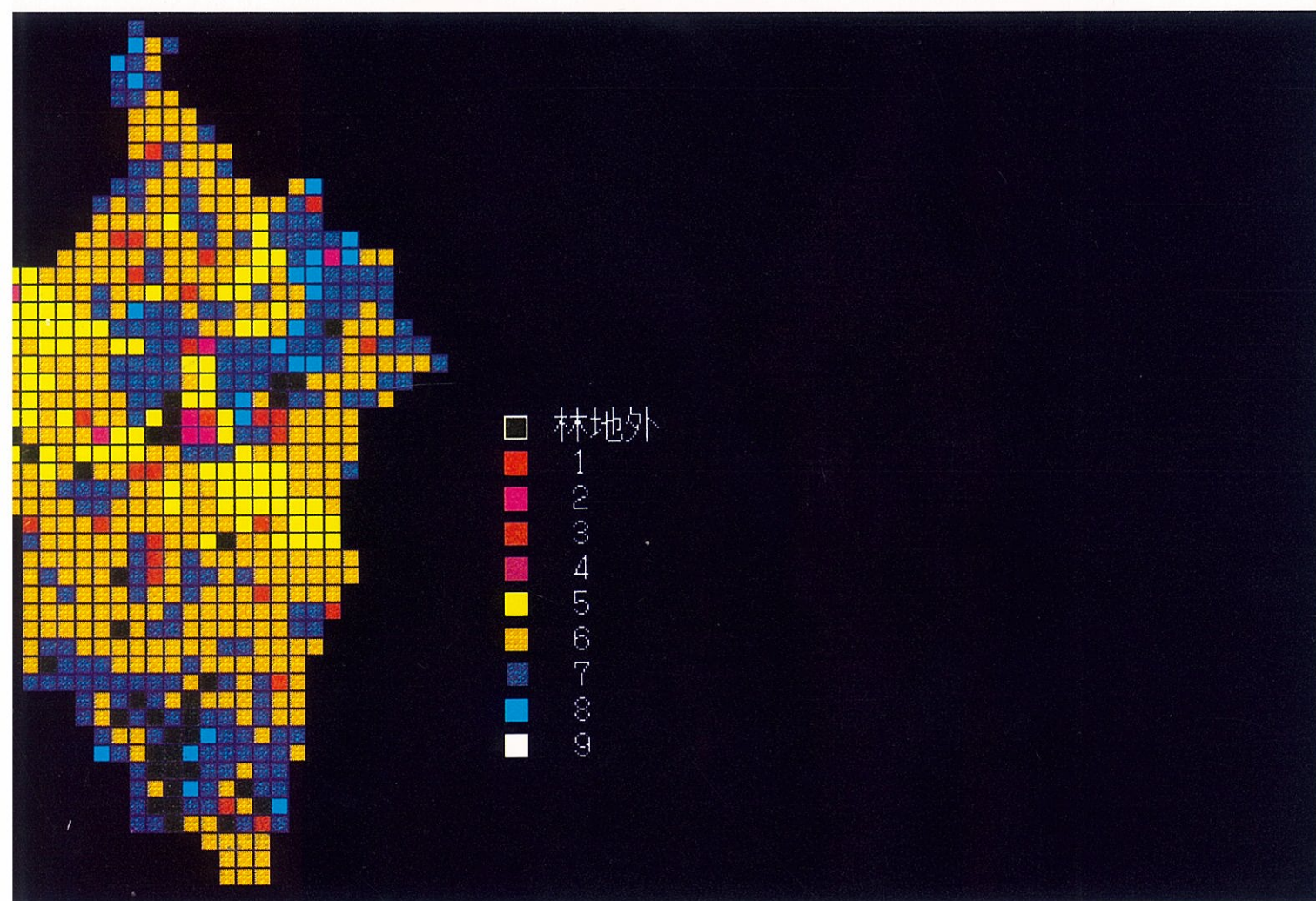


緑資源の総合評価による最適配置計画 手法の解説



森林総合研究所 関西支所

1995

目 次

頁

はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

研究の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

第1章 緑資源のデータベース化技術・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

第2章 緑資源の立地環境評価手法

1 アメニティ機能の評価手法・・・・・・・・・・・・・・・・ 1 1

2 生産機能の地形・地質・土壌要因による評価手法・・・・・・・・ 1 7

3 水保全機能の評価手法・・・・・・・・・・・・・・・・ 2 3

4 土保全機能の評価手法・・・・・・・・・・・・・・・・ 2 9

5 植生自然度評価手法・・・・・・・・・・・・・・・・ 3 5

第3章 緑資源の地帯区分手法・・・・・・・・・・・・・・・・ 3 9

第4章 緑資源の機能別類型区分手法・・・・・・・・・・・・・・・・ 4 5

第5章 緑資源の最適配置計画手法・・・・・・・・・・・・・・・・ 5 0

第6章 関西地域における緑資源利用計画の提言 ―試行例― 5 7

は じ め に

近年、森林に対する国民の要請がきわめて多様化し、こうした期待に応えるための森林計画と管理手法が大きい問題としてクローズアップされている。

森林を、単に林産物生産機能をもつ資源としてとらえるだけでなく、国土保全等の機能を持つ環境資源、レクリエーション利用や生物多様性の保全などの機能を持つ文化資源としてとらえ、その計画的管理を考える必要が出てきた。そこで、森林資源をこれら三つの機能を持つ緑資源ととらえ、それぞれの機能を最大限に発揮させるための森林計画手法の開発をめざした。

そのため、平成3年度から3年間にわたり、森林総合研究所、同関西支所、兵庫県林業試験場が協力して、環境庁国立機関公害防止等試験研究「緑資源の総合評価による最適配置計画手法の確立」を実施した。

本冊子は、この研究の成果を直接行政や事業体で利用し得るように、ひとつのマニュアルとなることを期待して、発行を企画したものである。

いうまでもなく、どんな林分でもこれらの三つの機能を持っている。しかし、その林分の機能特性、立地環境特性、社会的需要からして、生産資源、環境資源、文化資源のうちどの側面を重視すべきかを決定する手法は未開発である。そこで、対象地域の森林をメッシュ化し、メッシュごとにこれらの三つの機能を評価し、さらにこの森林を利用する地域住民の要請や人口その他の社会環境を考慮して、どの機能を優先するかをきめ、最適な森林配置を求める計画手法を開発することとした。また得られた緑資源最適配置計画手法によって、本研究の試験サイトである兵庫県に対する緑資源利用計画の提言を試みた。

本手法の開発にあたり、森林の機能特性の計量評価を主として自然科学分野の研究者が担当し、資源への社会的需要の計量化、総合評価手法、最適配置計画手法、利用計画提言などは社会科学系研究者が担当した。すなわち、これは関西支所を中心としてこれまで蓄積してきた部分技術や個別知識の総合化を果たす研究であり、同時にソフト系科学の一典型として注目された成果である。多くの方々のご批判、ご叱正をお願いする。またシステムの提供、詳細内容などについては、いつでも森林総合研究所関西支所にご連絡いただきたい。

最後に本研究の推進から本冊子発行にいたるまでに、多数の個人、機関等に絶大なご協力とご支援をいただいた。

深い感謝の意をこめて、ご氏名、機関名等を銘記させていただく。

京都大学農学部 中村 一名 名誉教授
環境庁
兵庫県農林水産部林務課
兵庫県林業試験場
農林水産省農林水産技術会議連絡調整課環境研究推進室
林野庁指導部研究普及課
大阪営林局

平成6年9月30日

森林総合研究所関西支所
支所長 林 寛

執筆担当者

緑資源の総合評価による最適配置計画手法の概要

森林総合研究所 林業経営部 生産システム研究室 天野 正博

緑資源のデータベース化技術

森林総合研究所関西支所 育林部 風致林管理研究室 野田 巖

アメニティ機能の評価手法

森林総合研究所 林業経営部 環境管理研究室 香川 隆英

地形・地質・土壌要因による生産力評価手法

森林総合研究所関西支所 育林部 土壌研究室 鳥居 厚志

水保全機能の評価手法

森林総合研究所関西支所 育林部 防災研究室 服部 重昭

土保全機能の評価手法

兵庫県林業試験場 田中 義則

植生自然度評価手法

森林総合研究所関西支所 育林部 造林研究室 加茂 皓一

緑資源の緑資源の地帯区分手法

森林総合研究所関西支所 育林部 経営研究室 家原 敏郎

緑資源の機能別類型区分手法

森林総合研究所関西支所 育林部 風致林管理研究室 杉村 乾

緑資源の最適配置計画手法

森林総合研究所関西支所 育林部 経営研究室 田村 和也

関西地域における緑資源利用計画の提言 ―試行例―

森林総合研究所関西支所 育林部 風致林管理研究室 野田 巖

研究の概要

緑資源の総合評価による最適配置計画手法の概要

国土の開発や都市化の進展にともない、従来の木材等林産物の生産機能に加えて、森林の国土保全機能の高度発揮が求められるとともに、自然保護、風致景観、保健休養、レクリエーションなどの諸要請がとみに高まってきている。しかしながら、現実の森林は、多様な立地、利用目的のもとに複雑に入り組んでおり、また、地域の社会的経済的条件も多岐にわたっている。このようななかで、森林を緑資源として最も効率的に利用するための配置、管理などを地域特性に即して計画的に行っていくための手法が開発されれば、行政や事業体が森林管理のために意志決定を行う際の有効な助けになるだろう。

そこで、緑資源としての森林の機能を、生産機能、環境機能、文化機能として、それぞれの機能が最高に発揮できるように機能配置を最適化するための手法開発を行い、行政あるいは事業体の意志決定支援を行うことを目的とした。本手法は、きわめて汎用性の高いものではあるが、各地域に応じてさらに精緻化されて活用されることを期待している。各手法ごとに、利用したデータソース、今後収集することが望ましいデータ、および提供できるシステム等をあげた。

上述したような開発需要に応えるために、以下の手順により緑資源の最適配置計画手法の開発を行った。全体の流れは、策定手順図に示すとおりである。なお（）内の番号は、各手法の流れ図内の位置および該当の章、節を示す。まず自然環境・社会環境に関する情報をデータベース化する（１）。これとその他の文献情報などを利用して、アメニティ機能（２－（１））、地形、地質、土壌等に基づく生産機能（２－（２））、水保全機能（２－（３））、土保全機能（２－（４））、植生自然度（２－（５））など、緑資源としての森林の持つ諸機能を、立地環境に応じて計量的に評価する。

これらの諸機能について、メッシュ化された当該地域のメッシュごとの立地環境評価値を求め、地図情報として出力する。評価値は、評価の低い方からRank 1～Rank10の10段階とした。地図は国土地理院1/20万地勢図を用いた。また、メッシュごとの特性値により、対象地域の地帯区分を行い、ゾーンごとの計画策定と調整を可能にする（３）。

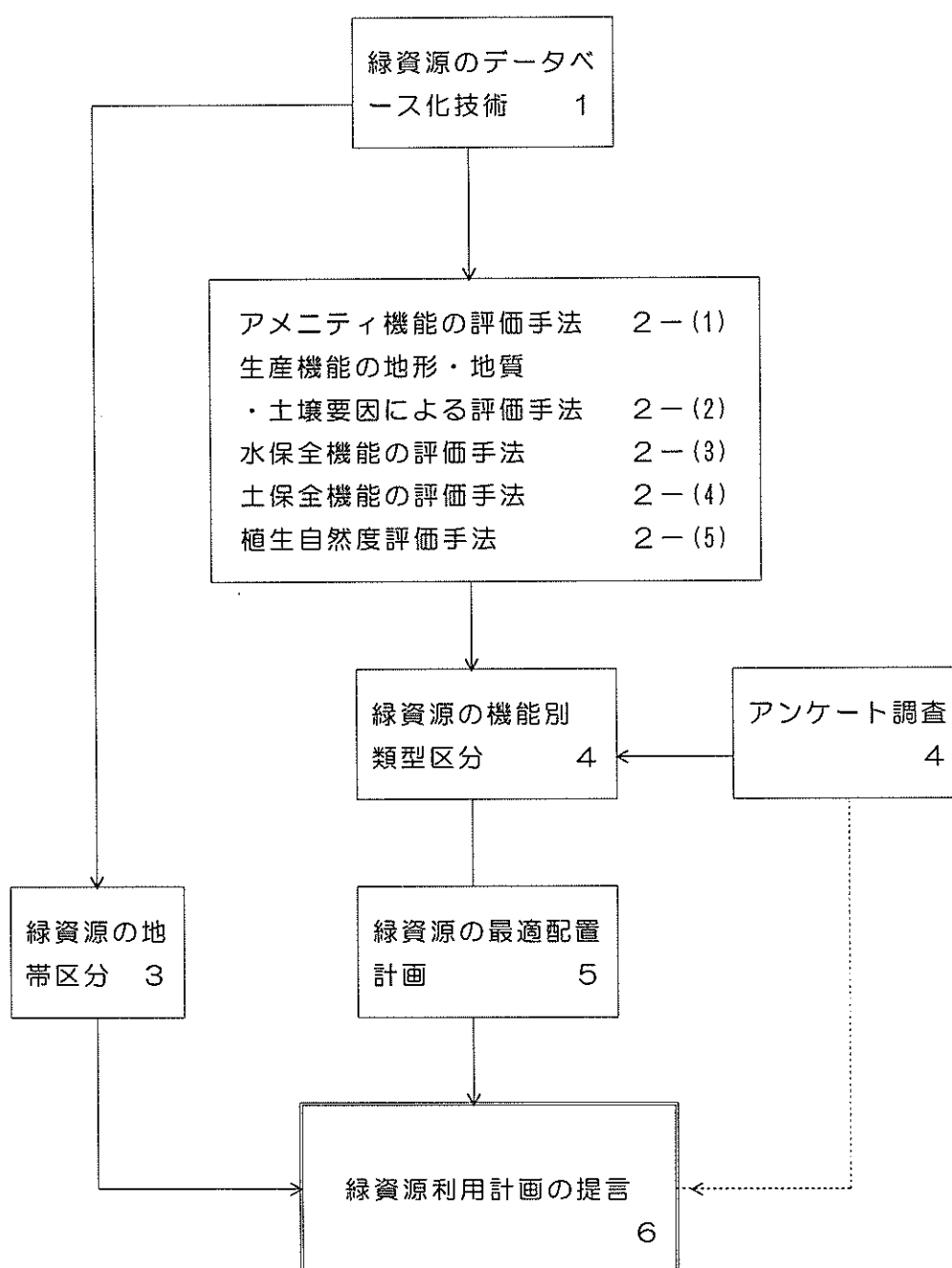
さらに、アンケート調査結果に基づく社会的需要量を考慮してメッシュごとにこれらの諸機能を総合的に評価する手法を用い、類型区分を行う（４）。総合評価によって類型区分された各メッシュについて、諸機能がトレードオフ関係にあるものとして、

緑資源の最適配置計画を作成する（５）。

以上の結果を緑資源の機能である生産機能，環境機能，文化機能に類型区分を総合化し，具体的な地域を対象として，実際に緑資源の最適利用に関する計画策定を行い提言する（６）。

以下において，兵庫県の六甲地域と宍粟地域を具体的な対象地域として適応した結果について，説明する。

緑資源の総合評価による最適配置計画策定手順図



第1章 緑資源のデータベース化技術

1. 方 法

緑資源情報は、点、線、ゾーン、ラスターの形式に分かれ、地理的分布は緯経度座標系、直交座標系、UTM座標系で表現される。このような種類のデータを統合的に地理的情報として管理・分析するアプリケーションシステムとして地理情報システム (Geographical Information System, GIS) がある。GIS は、地域に関する点、線、ゾーン、ラスター各形式の緯経度座標系、UTM座標系、XY (直交) 座標系等といった異なる座標系で表されたデータを一つの座標系に変換する機能を持ち、データを一つの座標系で管理する。図面、鳥瞰図の作成のほか、クラスタリング、オーバーレイなどの分析機能を有する。ここで使用した GIS は、「GRASS」¹⁾ である。

1) GRASSのデータ構造

データ形式は大きく3つ (点: site, 線・ゾーン: vector, ラスター: raster) で構成される (図-1)。データ間の分析操作はrasterで行われる。

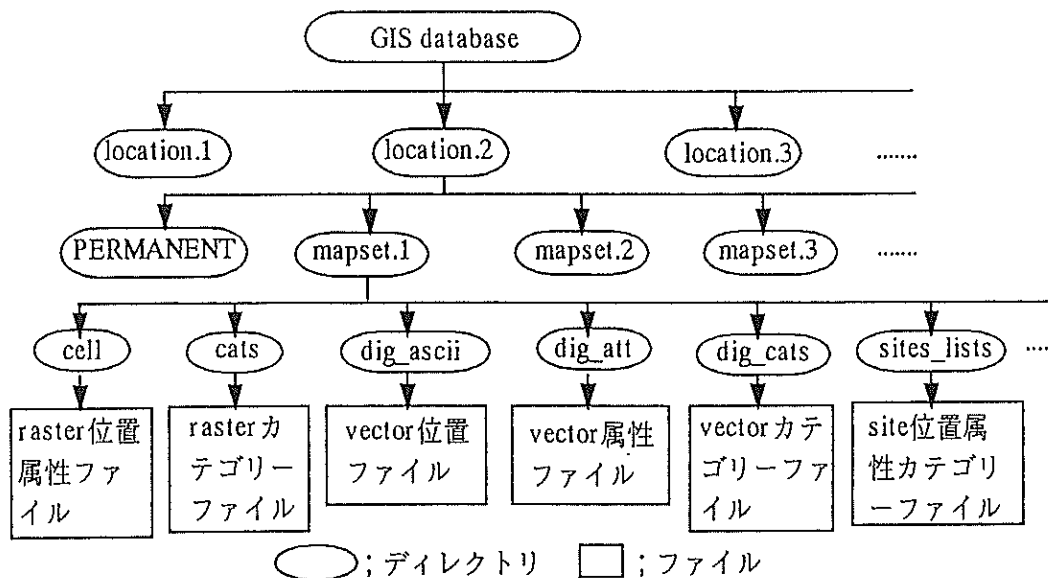


図-1 GRASSのデータファイル構造。locationは、独立したデータベースで、projection type(UTM, 緯経度, 直交座標系)を異にする。mapsetは、一つのlocationの中に複数作られる。PERMANENT mapsetは、locationの下に一つ存在し、locationについての包括的な情報の他、オリジナルラスター、ベクターデータが収録される。mapsetの下にはdatabase elementという複数のサブディレクトリがある。database elementによりraster,vectorなどの位置、属性情報が管理される。

vectorは、「線位置」, 「線属性」, 属性値を説明する「カテゴリー」の3種類のファイルで管理される。

それぞれは所定のディレクトリ（線位置 :dig_ascii, 属性 :dig_att, カテゴリー :dig_cats）に適切なアスキーフォーマットで収録される。属性、カテゴリーファイルは必須ではなく、ユーザが必要に応じて作成し使用することができる。

vector では、閉曲線で囲まれるエリアをゾーンとして属性登録操作すれば、ゾーン形式データを管理できる。site は vector から作成され、site_lists 内の位置、属性、カテゴリーが対応づけられた一つのファイルで管理される。

raster は、ラスタースゴとのセル値（属性値）のマトリックスデータと、カテゴリーファイル等からなり、それぞれ cell, cats という所定のディレクトリに収録される。カテゴリーデータは必須でなく、必要に応じて利活用されるもので、カテゴライズされていない標高データのようにグリッドセル値が連続量をとるものではカテゴリーデータは必要ない。すでに属性データを持った vector をラスタース変換すると、自動的にカテゴリーファイルが cats 内に作られる。

2) データ変換処理

特殊なフォーマットで収録されている後述の兵庫県環境基本情報²⁾を一旦、MN-standard形式⁴⁾という汎用性のあるフォーマットに変換し、その後 GRASSフォーマットに変換する方式を採用した（図-2）。

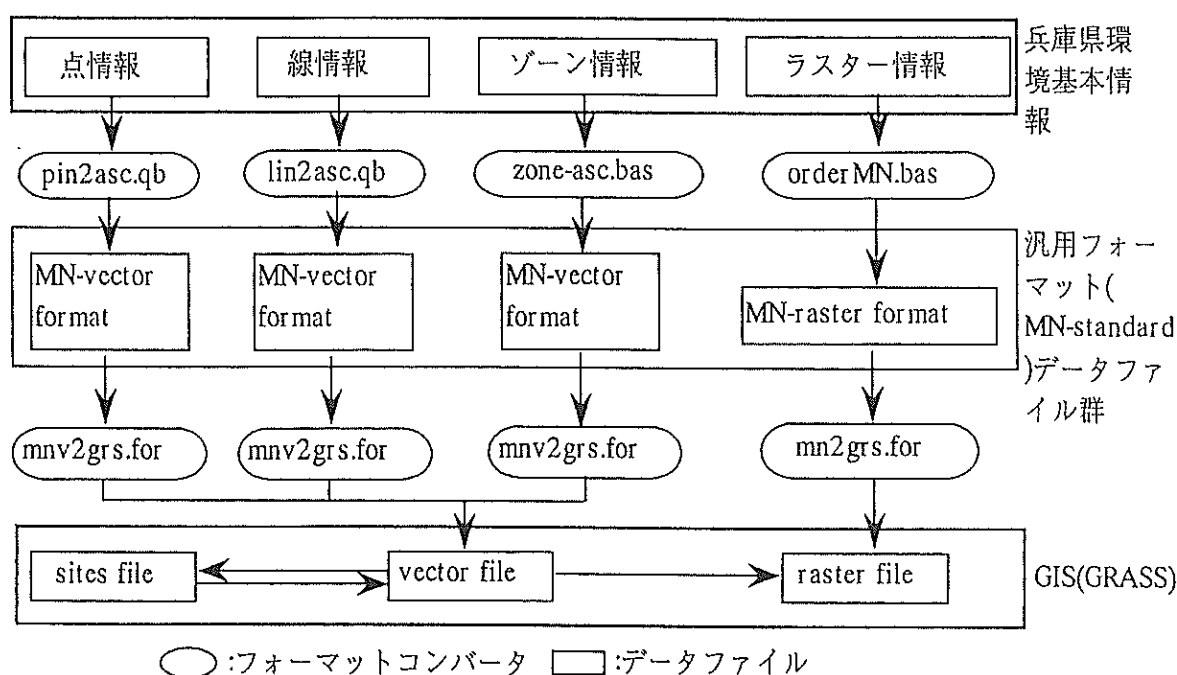


図 各種データ形式のGRASSによる管理方式の概要図。

汎用フォーマット(MN-standard)とGISファイルとフォーマットコンバータを作成して、各種形式データをGISにインポートすることが可能になった。また、兵庫県環境基本情報の各種データ形式のMN-standardへのコンバータを作成し同情報データベースがGISにインポート可能になり、緑資源に関する各種データをGISの多様な機能を使って統括的に管理できることになった。

兵庫県環境基本情報の点、線、ゾーン、ラスター形式データを MN-standard形式に変換するフォーマットコンバータ4種 (pin2asc.qb, lin2asc.qb, orderMN.bas) を QuickBasic言語で作成し、MN-standard形式から GRASSデータベースフォーマットに変換するコンバータ2種 (mn2grs.for, mnv2grs.for) をFORTRAN言語で作成した。これにより、兵庫県環境基本情報以外のデータ取り込みも容易に行える。兵庫県環境基本情報の属性情報を持った点形式データは、一旦、点位置データのみを一種の線情報として、mnv2grs.for で GRASS に vector として取り込む。その後、GRASS 内で site へ変換する一連操作が必要とされる。点・線形式の属性情報は、vector の属性データ用ディレクトリ :dig_att, カテゴリー用ディレクトリ :dig_catsの GRASS フォーマットファイルに容易に変換できる。

3) 主題図と地形図のオーバーレイ

整備されたデータを提示する際に、属地的な把握が出来るように GRASS で作成した主題図をコンピュータ上で地形図と重ね合せた図面を作成する方法を図-3に示す。

以下の課題で掲載されている結果図は、この方法により作成されたものである。なお、合成のために使用した地形図は、国土地理院20万分の1地勢図である。

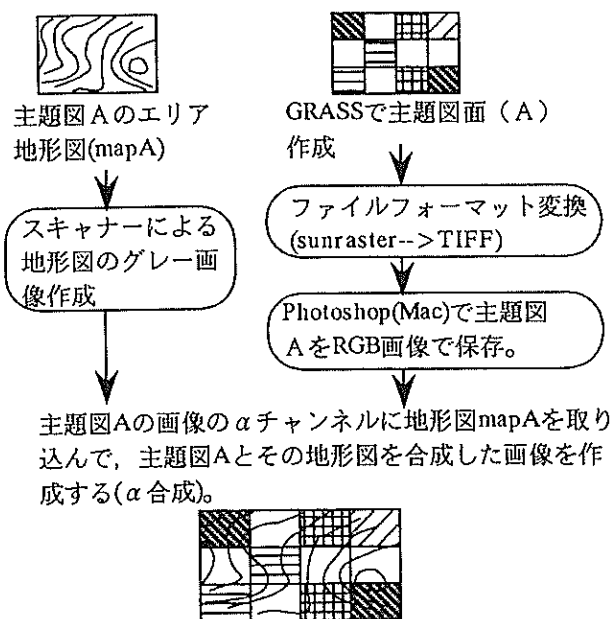


図-3 主題図と地形図との合成図作成模式図

4) 主題図の出力例

ラスター形式と線形式の例： 図-4は、ラスター形式の平均標高データに道路線分データをオーバーレイして表示したものである。平均標高データは、緯経度座標系のラスター形式(2分の1地域メッシュ³⁾)で収録されており GRASS には UTM座標系で収録した。直交座標系の線形式で収録されていた道路線分データは、GRASS には UTM座標系で収録した。両者を重ね合わせて表示したものが図-3である。

ゾーン形式とラスター変換の例： 図-5は、線形式の行政区界データをUTM座標系の vector形式で GRASS に収録した後、ゾーンで表されている市町村について、例えば神戸市は「1」のようにゾーンに属性をコードとして登録した様子である。図-6は図-5の行政区界ゾーンデータを GRASSでラスター変換(ラスターサイズ25m×25m)した結果でゾーン(市町村)毎に色区分されている。

2. データソース

1) 使用したデータ

兵庫県で大型計算機上に構築されている「兵庫県環境基本情報」を使用した。これは、大気汚染、交通、下水道など公害監視情報の他、環境に関係する自然的、社会的情報のデータベースである。データ領域は、東経134度15分、北緯34度5分の南西点から、東経135度28.5分、北緯35度40.5分を北東点とする兵庫県域をカバーし、南西点を原点にデータ形式毎に各種の項目が収録されている（表-1）。

表-1 兵庫県環境基本情報のデータ形式毎の緑資源データ例

形式	データ項目
点	埋蔵文化財、指定文化財、公共施設
線	道路、河川
ゾーン	行政区界、流域区界、行政区別世帯数
ラスター (基準地域メッシュ*)	土壌分類、表層地質分類、人口
ラスター (1/2地域メッシュ*)	土壌生産力、保安林区分、緑被分布 土地被覆状況、現存植生、植生自然度 平均標高、最大傾斜量、人口、起伏量

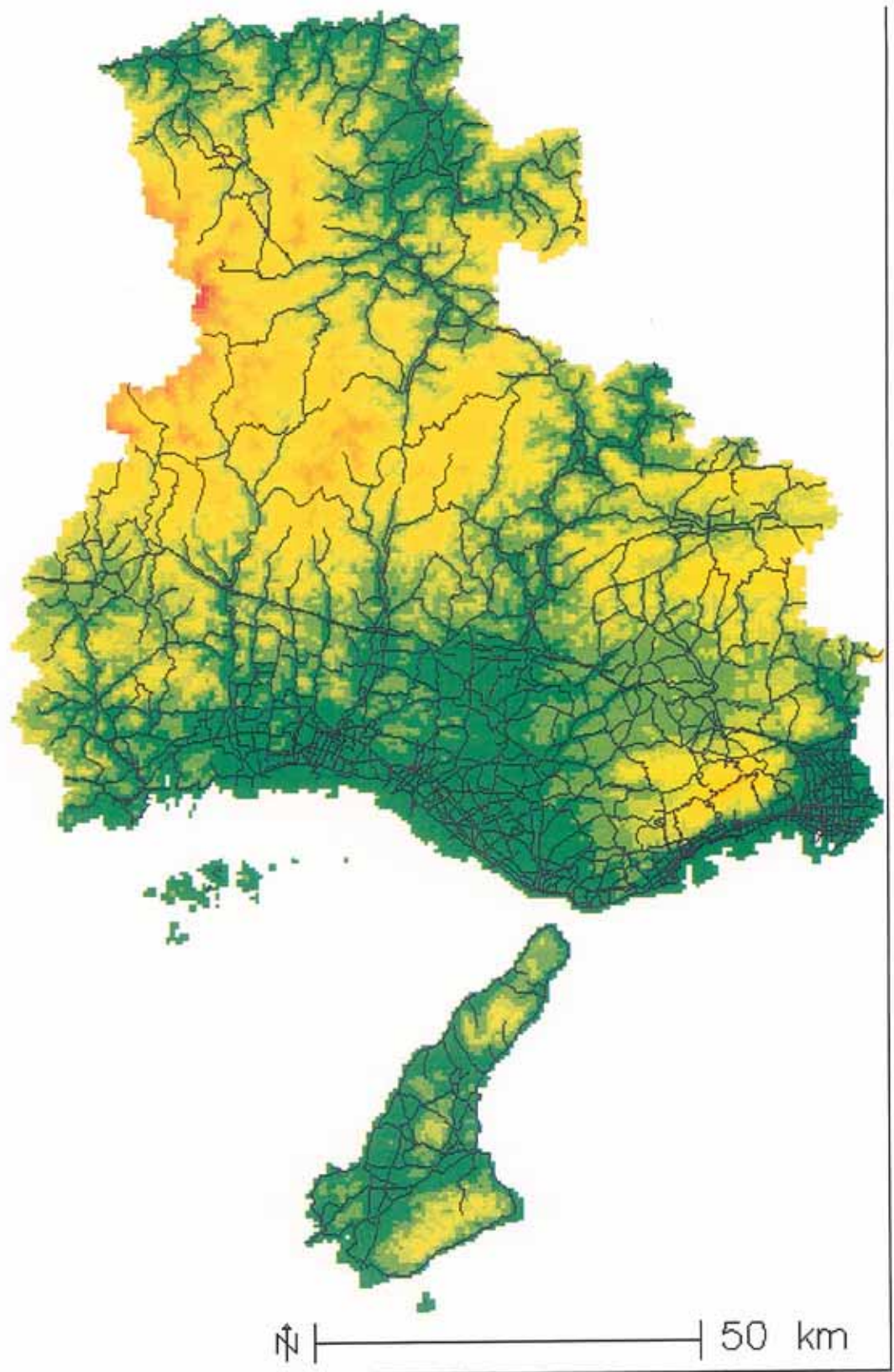
*:参考文献 (3) を参照。

2) 提供可能システム

今回作成した GRASS(share-ware) の各種データ形式に対応したフォーマットコンバータは、提供可能である。

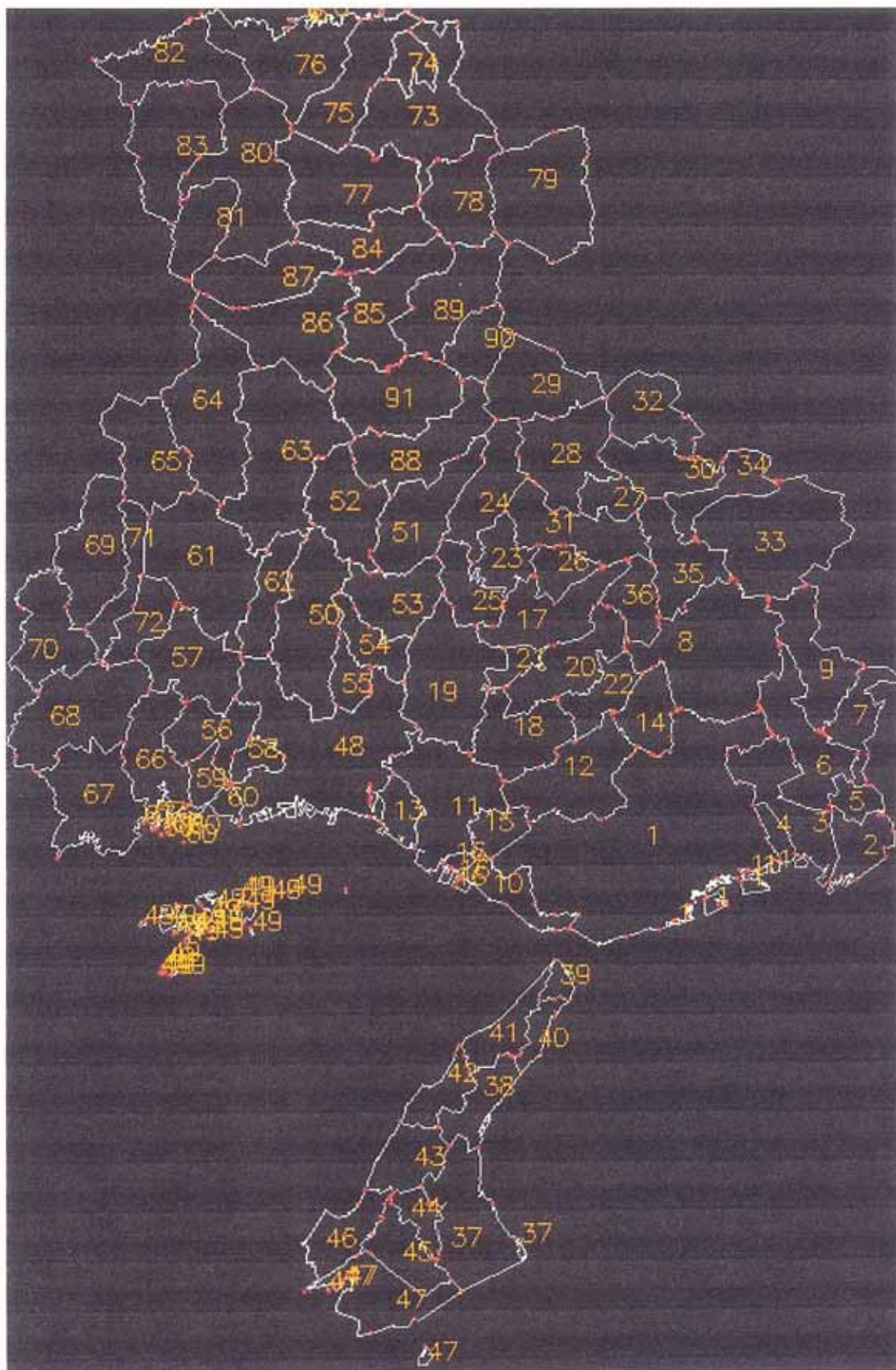
3. 参 考 文 献

- (1) DBA Systems, Inc. : GRASS4.0 User's Manual. 515pp, Virginia, USA, 1991.
- (2) 兵庫県：地域環境情報システム作成業務（環境基本情報システム）
業務報告書. 1-19, 1989.
- (3) 国土地理院：国土数値情報の概要. 6-14, 日本地図センター, 東京, 1985.
- (4) 野上道男・杉浦芳夫：パソコンによる数値地理学演習. 275pp, 古今書院,
東京, 1986.



Elevation map overlaid roads network

図-4 平均標高（ラスタ形式）と道路線分（線形式）のオーバーレイ表示。
標高は、緑、黄、赤の順に高い。



Assigned local government as zone area with each numeric code

図-5 行政区界（ゾーン形式）のゾーン属性登録結果。

GRASS内では、vector形式で管理されている。図中数字は、ゾーン（市町村）に割り当てられたラベル（コード）である。

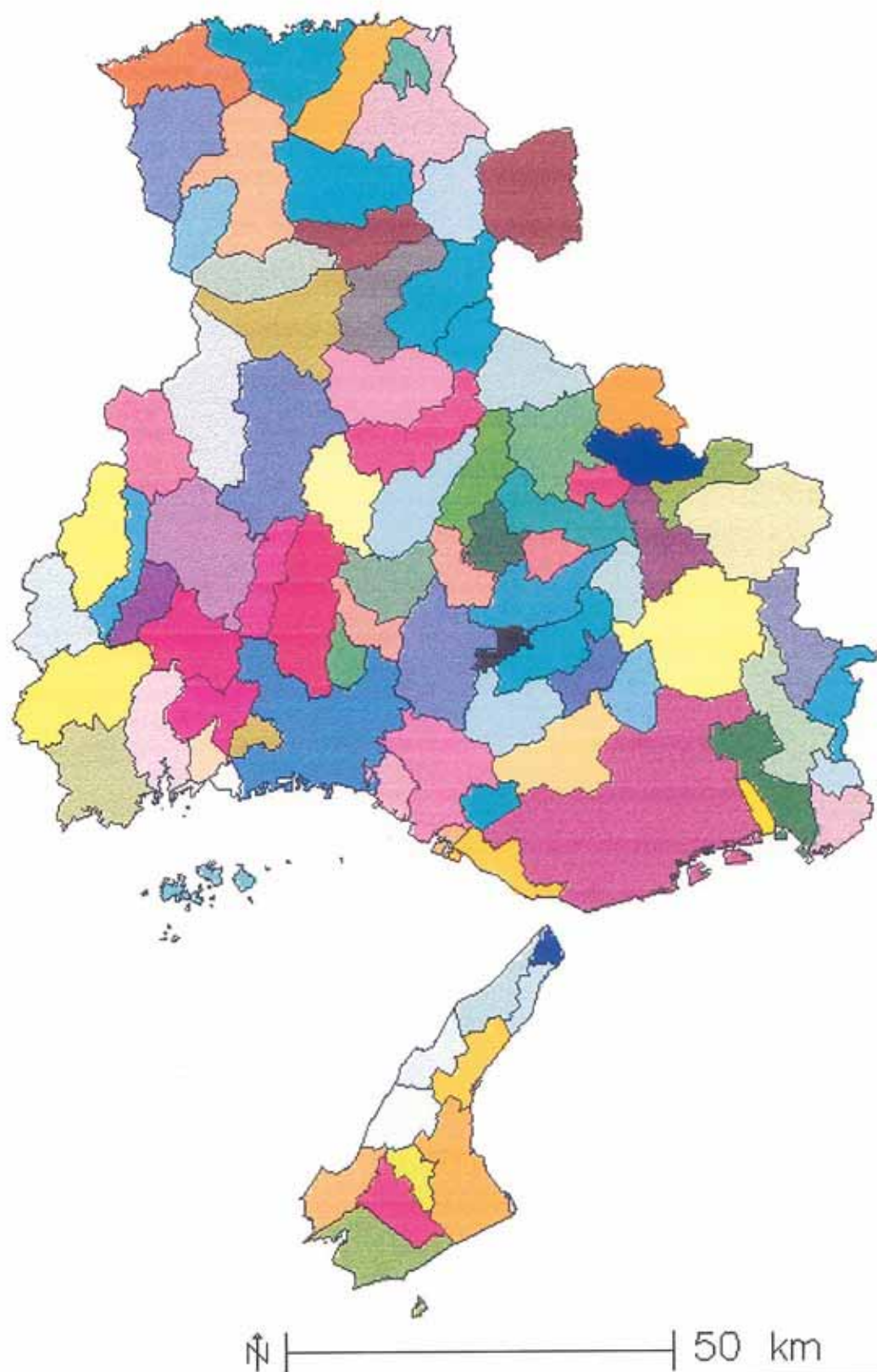


図-6 行政区界（ゾーン形式）のラスター変換結果。

各ゾーンは同じ属性値（コード）を持つラスター（ラスターサイズ：25m×25m）で構成されている。ゾーン境界を分かり易くするため行政区界線をオーバーレイして表示されている。

第2章 緑資源の立地環境評価手法

1 アメニティ機能の評価手法

1. 方法

森林のアメニティは、人々が五感で捉える快適性である。森林のアメニティを整理するために、便宜上2種類に類型した。

一つは、森林自身、そのものの持つアメニティである。それは、天然林、二次林、人工林と様々な森林はあろうが、それらの森林にじかに触れることで得られるアメニティである。

二つめは、森林にスキー場など施設を設置し、主に施設利用が目的で、森林の存在が付随的になる場合である。この場合、アメニティのよりどころは、施設の内容にかなり依存する。森林自身のアメニティは、五感を快適にする因子で成り立っているが、皆が平均的に快適と感じる因子もあれば、人々の育った環境や感性の違いなどで因子の快適さが逆転する場合もあり得る。これは、評価する主体である人の属性の問題である。人の属性も評価される森林の属性も時間軸によって影響を受け、それら3者の関係を解きほぐしていくことがアメニティ機能解明の糸口を与える。

ここでは、緑資源のアメニティ機能を、人間（都市住民や地域住民、専門家）が、緑資源の異なる質（天然林、二次林、人工林）について評価したものを、機能評価式としてとりまとめ、さらに実際の森林簿データが活用できるよう評価因子を置き換え、図化した。したがってアメニティ機能の社会的需要量を、属性の異なる人々の森林の様々な質に対するアメニティ機能評価と捉えている。手順は、図-1に示した。その内容は以下のとおりである。

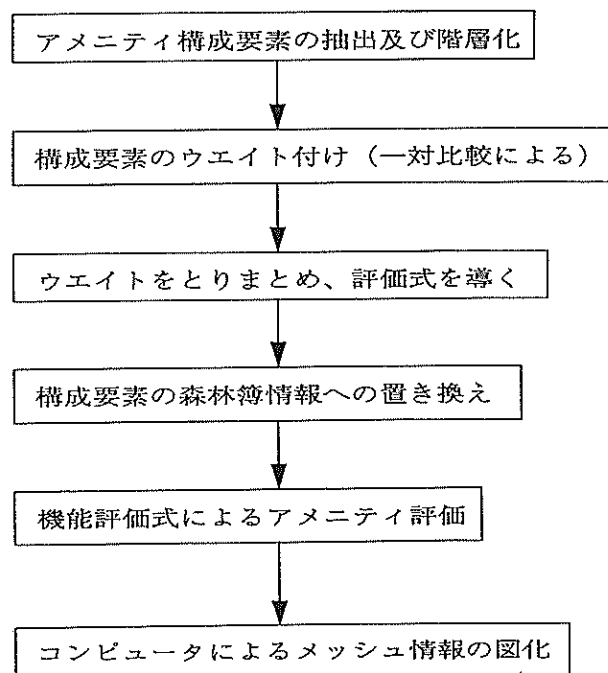


図-1 アメニティ評価のフロー

a) アメニティ機能評価の対象とな

る森林を選定し、また被験者（評価者）を選定する。

- b) アメニティ機能階層図を作成する。
- c) 階層図の各レベルの要素を、すぐ上のレベルの各要素からみて一対比較して行列を作る（AHP法）。これを階層図の上から順に下に行う。
- d) 各一対比較の行列で、要素のウェイト、整合度(C.I.)を算出する。整合度が大きすぎたら、一対比較を再検討する。
- e) 一対比較の結果からウェイトを合成し、機能評価式にとりまとめる。
- f) 森林簿情報（環境情報）と機能評価因子を照らし合わせ、因子の置き換えを行う。
- g) メッシュマップ上にアメニティウェイトを算出し図化する。

アメニティ機能階層図は、一番上に最終目標をおく（この場合各種森林のアメニティ機能である）。この下に、目標を構成する評価基準を横に並べて、上の最終目標と結ぶ。さらに、評価基準を分解し、上の評価基準と結ぶ。この作業を繰り返す。それぞれの層をレベルといい、上からレベル1、レベル2、レベル3・・・と呼ぶ。評価基準は、対象によりさらに細かく分かれて、全体が4層にも5層にもなることがある。レベル2以下の各レベルの要素の数は、7個か多くても9個までとする。あまり多くなると、同一レベル内の因子の比較をすることが困難になるからである。また、同一レベル内の因子は独立な性質を有することが前提条件となる。評価機能因子構成図ができたなら、次に、レベル1の因子にとって、レベル2のどの評価因子がもっとも大切であるかを示す。

各因子の重要度あるいはウェイトを求める「一対比較によるウェイトの算出」を行う。階層図のところで示した、ウェイトの決定の仕方に、AHPの最大の特徴がある。その方法として、2つずつを比較する一対比較を行う。被験者に、「因子iは因子jに比べてどれくらい重要ですか」と問い、その答えに応じて数値 a_{ij} を与えて、 $n \times n$ 行列 $A = [a_{ij}]$ をつくる。ここで、 $a_{ii} = 1$ 、 $a_{ij} = 1/a_{ji}$ と仮定する。 n 個の要素があると、 $n(n-1)/2$ 回の一対比較で行列Aができる。機能評価式は、最下層のレベルにおける評価因子に、ウェイトをつけて一次式にしたものである。例えば、二次林のアメニティの機能評価式は、以下のようになる。

$$\begin{aligned} \{\text{二次林のアメニティ}\} &= 0.26 (\text{涼しさ}) + 0.14 (\text{静けさ}) + 0.13 (\text{明るさ}) \\ &+ 0.09 (\text{林床}) + 0.07 (\text{多様性}) + 0.06 (\text{森の香り}) + 0.06 (\text{粗密度}) \\ &+ 0.04 (\text{樹木}) + 0.03 (\text{傾斜}) + 0.03 (\text{土}) + 0.02 (\text{昆虫}) + 0.02 (\text{下枝}) \\ &+ 0.01 (\text{落葉}) + 0.01 (\text{幹の形}) + 0.01 (\text{森の大きさ}) + 0.01 (\text{色合い}) \\ &+ 0.01 (\text{幹の肌触り}) = 1.0 \end{aligned}$$

評価因子は、そのままの形では森林簿情報と一致しないので、因子の森林簿情報への置き換えとウエイト付けを次式のようにまとめる。

$$\begin{aligned} \{\text{二次林のアメニティ}\} &= 0.51 (\text{森林管理・樹種}) + 0.31 (\text{林齢}) + 0.15 (\text{面積}) \\ &+ 0.03 (\text{傾斜}) = 1.0 \end{aligned}$$

各メッシュ内には、天然林だけの場合もあれば、人工林や二次林が混在する場合もある。したがって、メッシュ毎のウエイトの評価値の計算と図化は、以下のように行う。

1) 民有林の場合、一つの小班内で林種（人工林・天然林）と齢級が同じデータはまとめて取り扱うこととし、集計して各々を「林分」とした。また、林種が天然林と記載されているもののうち、17齢級以上を天然林、16齢級以下を二次林に区分した。

2) 各林分毎に齢級、面積、林道からの距離に関して評価する。

① 人工林の場合

$$V_1 = 0.64 \times (\text{齢級の評点}) + 0.08 \times (\text{面積の評点})$$

② 天然林の場合

$$\begin{aligned} V_1 &= 0.32 + 0.17 \times (\text{齢級の評点}) + 0.29 \times (\text{面積の評点}) \\ &+ 0.18 \times (\text{林道からの距離の評点}) \end{aligned}$$

③ 二次林の場合

$$V_1 = 0.357 + 0.31 \times (\text{齢級の評点}) + 0.15 \times (\text{面積の評点})$$

3) 各林分毎の評価点を面積で加重平均し、小班の評価点を計算する。

$$V_2 = \Sigma (V_1 \times \text{各林分の面積}) / (\text{小班の面積})$$

4) 各小班の評価点を図面から読み取ったメッシュ内での小班の面積割合で加重平均し、メッシュ単位に変換する。

$$V_3 = \Sigma (V_2 \times \text{当該メッシュ内にある各小班の面積}) / (\text{当該メッシュ面積})$$

5) メッシュ毎の評価項目（標高、傾斜、間伐実施率）を加えて、メッシュの評価

点とする。

$$\begin{aligned} V_4 = & V_3 + 0.04 \times (\text{標高の評点}) \times (\text{メッシュ内の天然林面積割合}) \\ & + 0.03 \times (\text{傾斜の評点}) \times (\text{メッシュ内の二次林面積割合}) \\ & + 0.28 \times (\text{間伐の評点}) \times (\text{メッシュ内の人工林面積割合}) \end{aligned}$$

- 6) 民有林，国有林，官行造林地について以上の評価点を算出し，各々の面積割合で加重平均して最終的なメッシュの評価点とする。（図－2，図－3）

2. データソース

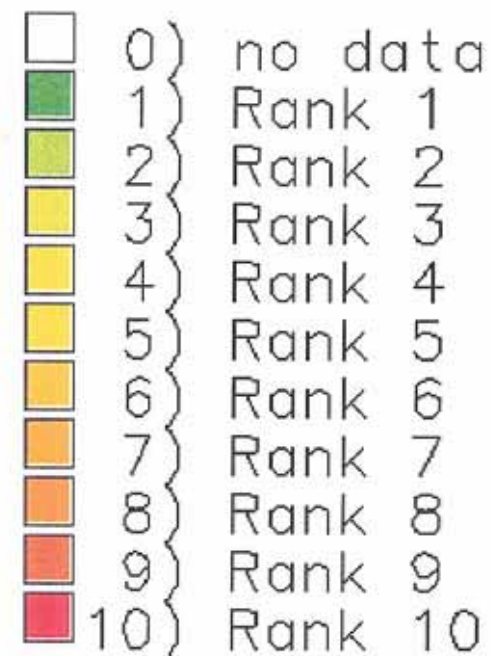
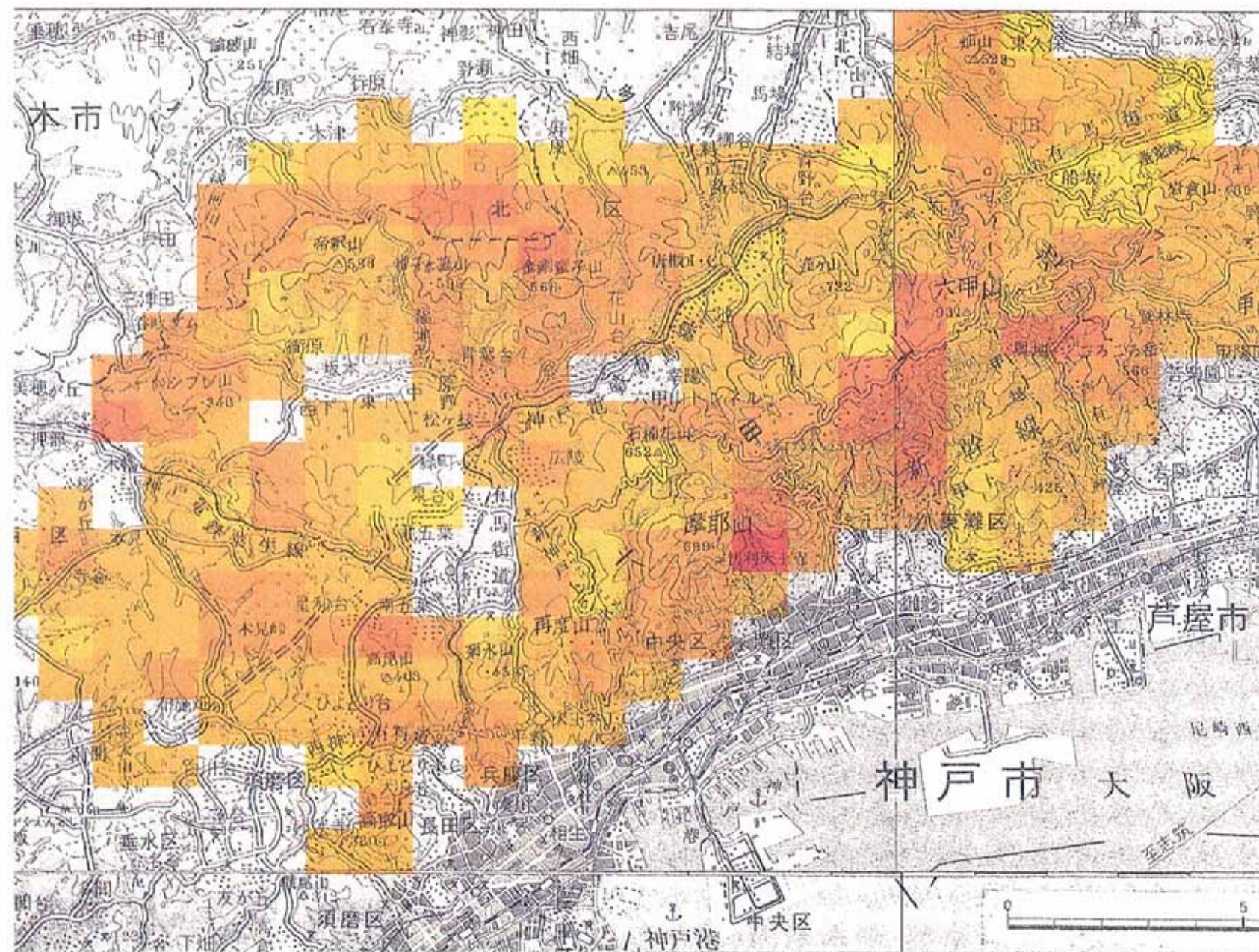
兵庫県環境基本情報を，風致林管理研究室でパソコン利用を可能に変換した兵庫県緑資源データベース，および森林簿情報を利用した。

3. 参 考 文 献

- (1) 香川隆英：都市近郊の自然性の高い森林における保健休養的役割に関する一考察，造園雑誌53（5），1990
- (2) 香川隆英：森林の保健休養機能に関する一考察（1），101回日林論，1990
- (3) 香川隆英：京都北山における人工林のアメニティに関する研究，造園雑誌54（5），1991
- (4) 香川隆英：里山二次林そして自然性の高い森林におけるアメニティ：造園雑誌55（5），1992
- (5) 香川隆英：人工林のアメニティに関する研究（1）：42回日林関東支論，1991
- (6) 香川隆英：森林のアメニティとは：43回日林関東支論，1992
- (7) 香川隆英：森林のアメニティを高めるために：農林水産レポート，1990
- (8) 香川隆英：日常風景の中の森林：日林誌73（6），1991
- (9) 香川隆英：保健機能森林の区域設定に係る社会条件調査報告書，（財）林政総研，1991
- (10) 香川隆英：森林の整備水準，機能計量等調査報告書，林野庁，1990
- (11) 香川隆英：緑環境と森林のレクリエーション的利用に関する最近の動向：山林，1990

144%

rk amenity10



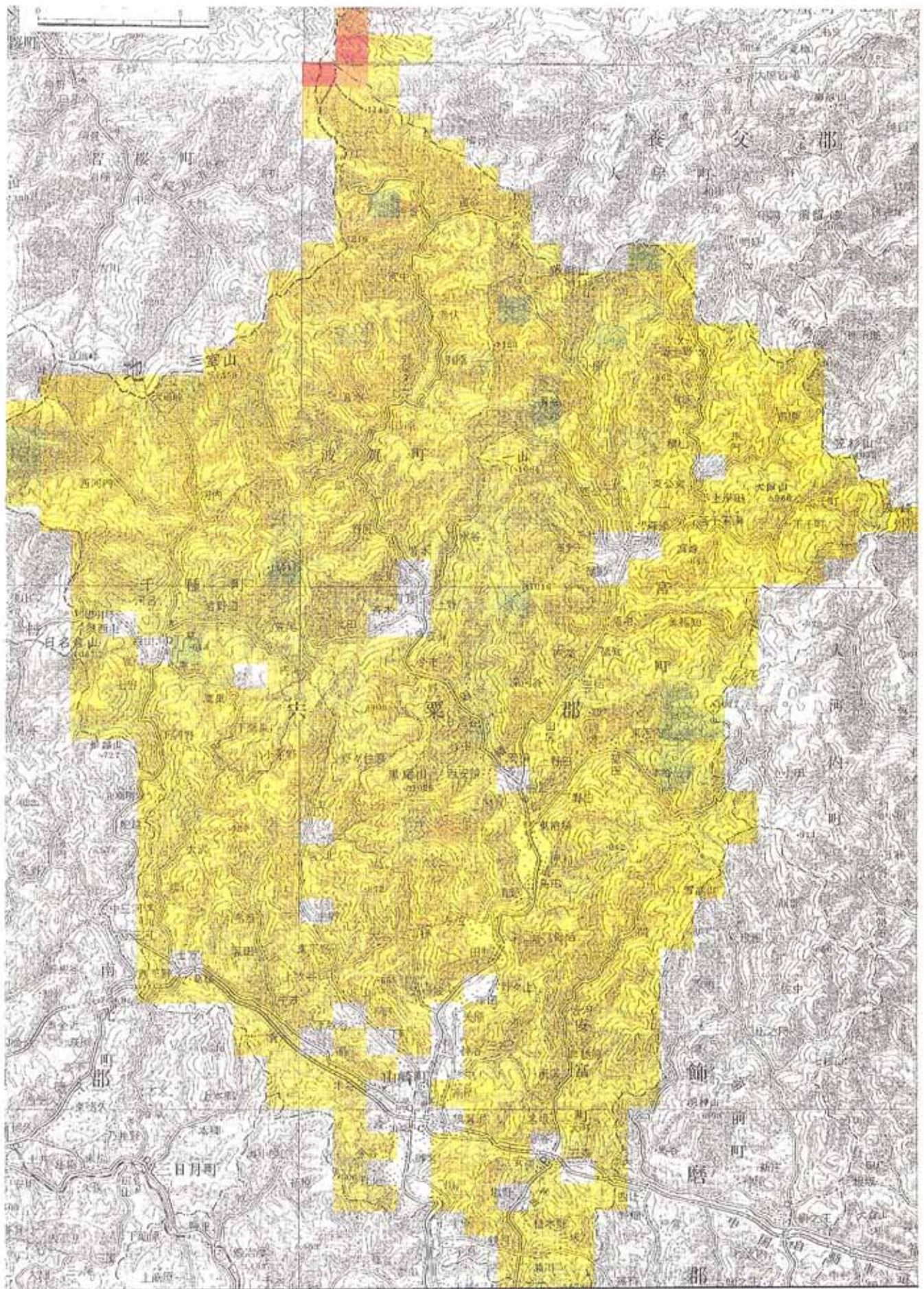
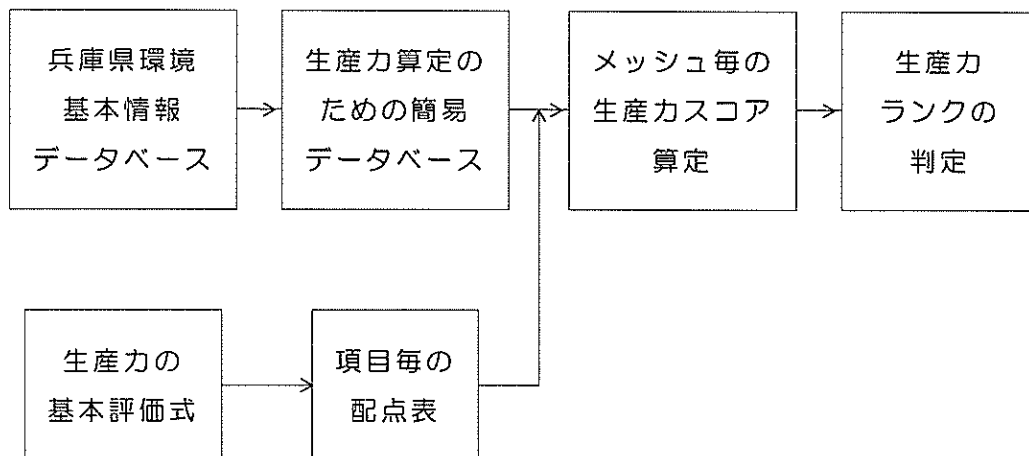


図-3 大阪地域におけるアメニティ機能評価図。

2 生産機能の地形・地質・土壌要因による評価手法

1. 方 法



図－1 生産機能の評価作業の流れ

1) 兵庫県環境基本情報データベースのアレンジー簡易データベースの作成ー

兵庫県から提供された、環境基本情報データベースの各項目は、本マニュアル第2章1「アメニティ機能の評価手法」の項で説明された通り、パソコンで容易に利用されうるアスキー形式で、それぞれ独立したファイルとして保管されている。この中から生産力の算定に必要な項目として、「土壌型」「表層地質」「地形分類」のデータ（ファイル）を抽出する。

一方、環境基本情報データベースには、メッシュデータの「メッシュ順番ファイル」（1kmメッシュ、500mメッシュ各1）が含まれているので、これを展開して、先の3項目と統合して、市販のデータベースソフト、また

表-1 生産力スコア算出のイメージ

項目	データ	スコア
メッシュNo	10285	
Xメッシュ	72	
Yメッシュ	152	
土壌型	褐色森林土	11.25
表層地質	花崗岩類・ヒン岩類	2.00
大地形分類	小起伏山地	2.25

は表計算ソフトに読み込んで整理し、簡易データベースを作成する。

すなわち、各メッシュのイメージは、表－1 のようになる。

ところで、兵庫県環境基本情報データベースでは、「土壌型」，「表層地質」は1kmメッシュ，「地形分類」は500mメッシュデータである。生産力の算定に当たっては、これを統一する必要がある。仮に、4つの500mメッシュを1つの1kmメッシュに統合しようとしても、これらの項目は定性項目であり、平均を

とることができないので統合できない。そこで、生産力算定のための簡易データベースは、500mメッシュに統一した。

2) 生産力の基本評価式 ー項目毎の配点表の作成ー

前項で抽出した3因子で各メッシュの生産力を一次式で表現すると、生産力のスコアPは、

$$P=K_1S+K_2R+K_3L$$

で表すことができる。

ここで、Sは土壌のスコア、Rは表層地質のスコア、Lは地形のスコアである。また、 $K_1 \sim K_3$ は、各因子の生産機能に対する重みづけの係数である。このS、R、Lおよび $K_1 \sim K_3$ の値は、地域の特徴を考慮して決められるものであるが、ここでは、兵庫県林野土壌調査報告書（兵庫県：1980）、兵庫県土地分類図（経済企画庁総合開発局：1974）を参考に、表-2のように配点を決めた。表-2に示したスコアは、 $K_1S=S'$ 、 $K_2R=R'$ 、 $K_3L=L'$ としたときの S' 、 R' 、 L' の値であり、これを用いて

$$P=S'+R'+L'$$

を求めることができる。

表-2 項目別の生産力スコアの配点

土壌型別スコア			表層地質別スコア			地形別スコア		
code	土壌型	score	code	表層地質	score	code	地形	score
0	湖沼河川など	0	0	表示なし	0	11	大起伏山地	3
1	岩石地	0	11	段丘礫	-1	12	中起伏山地	3
3	岩屑性土壌	0.25	12	未固結砂層	0	13	小起伏山地	2.25
5	残積性未熟土	4.5	16	未固結泥、砂、礫	2	14	山麓地	3
6	粗粒残積性未熟土	3.75	31	礫岩	2	21	大起伏火山地	3
12	厚層黒ボク土	12	32	砂岩、チャート	1.75	22	中起伏火山地	3
13	黒ボク土	11	33	泥質岩	2	23	小起伏火山地	2.25
16	多湿黒ボク土	11.25	34	半固結礫、砂、泥	2	31	大起伏丘陵地	2
21	乾性褐色森林土	7.75	36	固結礫、砂、泥互層	2	32	小起伏丘陵地	1.75
22	乾性褐色森林土 黄褐系	6	37	輝緑凝灰岩	2.25	41	砂礫台地（上位）	1.25
23	乾性褐色森林土 赤褐系	7.25	53	流紋岩類	1.75	42	砂礫台地（中位）	1.25
25	褐色森林土	11.25	54	安山岩類	2	43	砂礫台地（下位）	1.25
26	褐色森林土 黄褐系	8	55	玄武岩類	2	44	岩石台地（中、下位）	0.75
27	褐色森林土 赤褐系	9	62	花崗岩類・ヒン岩類	2	51	扇状地性低地	2
30	湿性褐色森林土	12	63	閃緑岩類・斑岩類	2.5	52	三角洲性低地	2
32	乾性ポドソル土	6.25	64	蛇紋岩類	-1	53	自然堤防、砂州	1
34	赤色土	7.5	73	結晶片岩類	1.75	61	埋立地	0
36	黄色土	8.25				62	人工改変地	0
37	暗赤色土	8.25						
40	細粒灰色低地土	6.25						
41	灰色低地土	7						
42	粗粒灰色低地土	7						
43	細粒グライ土	0.25						
44	グライ土	0.25						
48	黒泥土	0.25						
99	市街地その他	0						

このスコア値からわかるように、生産力のスコアは第一義的に土壌型で規定され、同じ土壌型でも表層地質や地形によって変異幅を持つと考えることができる。また、各土壌型のスコア値は、土壌型毎の養分含有量、土層厚さ、保・排水性などの細項目毎のポイント合計で決まっている。

3) メッシュ毎の生産力スコアの算定とランクの判定

表－2に基づいて、データベース上または表計算ソフトのワークシート上で、メッシュ毎に生産力スコアを計算する。モデルエリア（六甲地域と宍粟地域）では、最終的に1kmメッシュで図示するために、1kmメッシュに対応する4つの500mメッシュのスコア合計を算出する。対応する500mメッシュが3つ以下の場合、 $1500\text{mメッシュのスコア合計} \times 4 / 500\text{mメッシュのメッシュ数}$ で算出する。このようにして算出された生産力スコアは、あくまでメッシュ毎の相対的な生産力の大小を示すもので、地位指数や材積収穫量などのような絶対量に置き換えられるものではない。スコア値をもとに各メッシュのランクを決定するには、いくつかの決め方が考えられるが、今回の例ではスコア値の昇順にモデルエリアの各メッシュをソートし、

(ア) 土壌スコア=0のメッシュを最低ランクとする（ランク1）

(イ) それ以外のメッシュを、各ランクのメッシュ数ができるだけ等しくなるようにスコア値順に9つのランクに区分する（ランク2-10）

・・・という方法で行った。

4) モデルエリアのランク区分結果（次頁カラー図参照）

モデルエリアのランク区分結果をみると、六甲地域ではランク2-4のメッシュが多く分布し、宍粟地域ではランク5以上に集中していることがわかる（図－2，図－3）。これは、六甲山ではマツ山などの二次林、崩壊跡地などが多く、宍粟郡では広くスギの植林地が分布している現実とほぼ対応しているといえる。また、国有林の生産力調査や兵庫県の適地適木調査の結果と照合すると、これらのエリアでは、おおむねランク7以上がヒノキの適地、ランク9以上がスギの適地に相当することがわかった。

2. データソース

1) 利用したデータ：兵庫県環境基本情報（風致林管理研究室によってパソコン利用可能に変換された緑資源データベース）

2) 新たに収集すべきデータ：より詳細な土壌型等のデータ

今回利用したデータベースの元データは、20万分の1の地図類であるが、5万分の1程度の地図類をメッシュ化することが望ましい。

3) 一連の作業は、パソコン上でのファイル加工・変換作業を多く伴う。

そのため、アプリケーション上での簡易なマクロの作成や、ごく初歩的なBasicプログラムの作成が必要となる。本節で利用したものについては提供できる。

144%

rk soilf

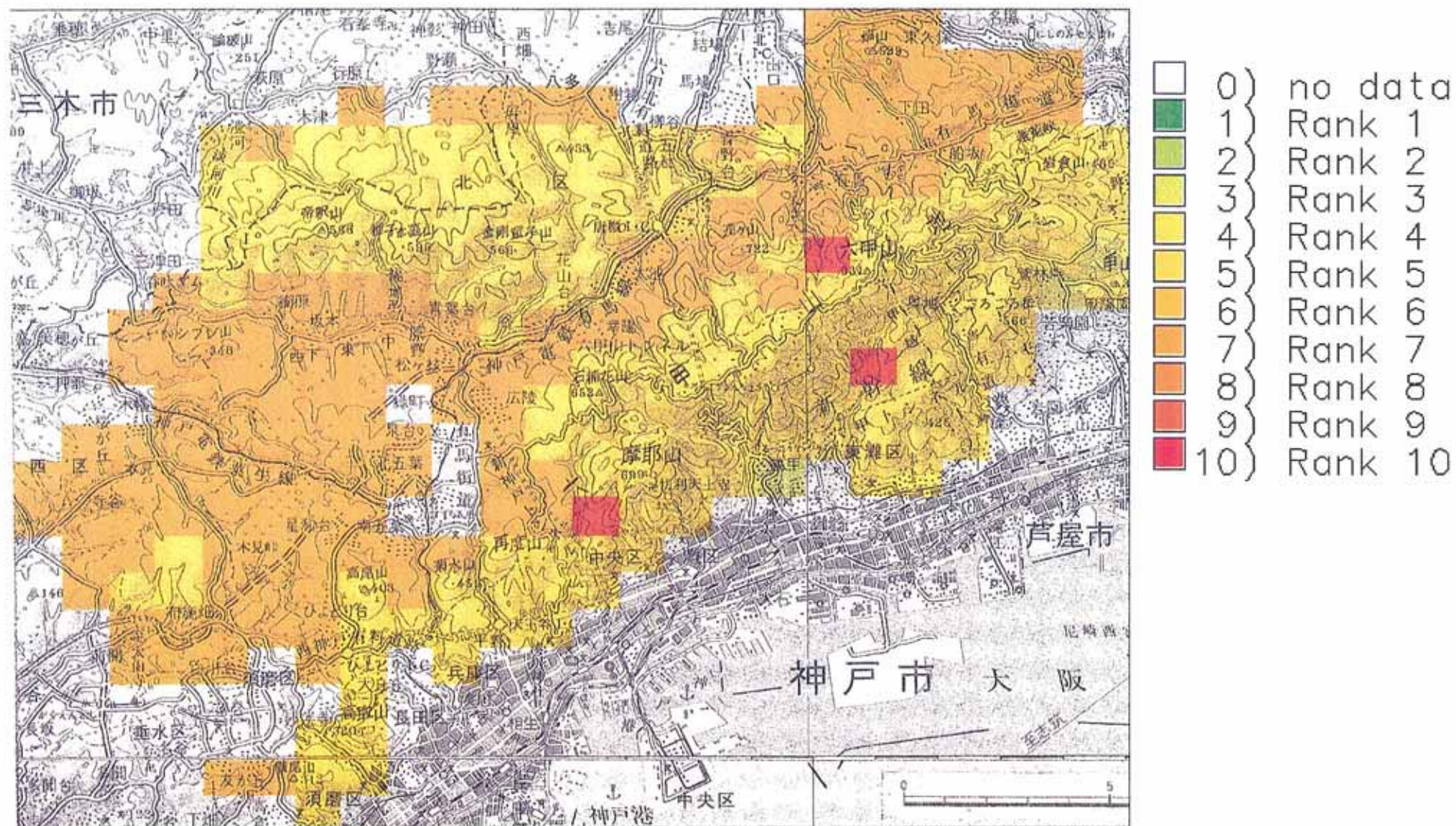


图-2 六甲地域における生産機能評価図。

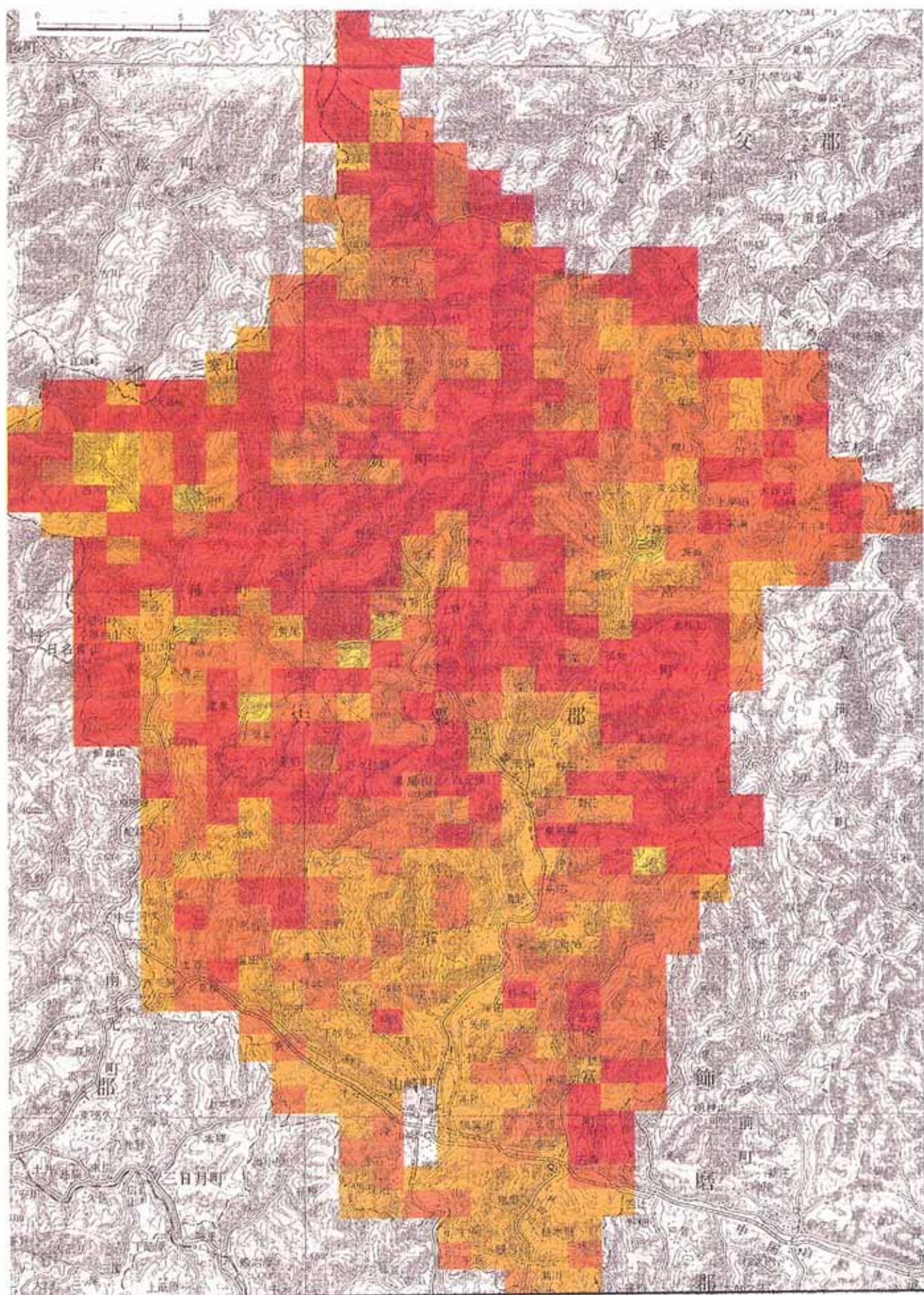


図-3 穴栗地域における生産機能評価図

3 水保全機能の評価手法

1. 方 法

1) 水資源賦存量の定義

水保全機能を評価する一つの指標として、水資源賦存量を取り上げ、その広域分布を計算する。水資源賦存量は(1)式で定義されるので、これを計算するには降水量と蒸発散量のデータが必要である。

$$W = P - E \quad (1)$$

ここで、Wは水資源賦存量、Pは降水量、Eは蒸発散量である。近年、降水量についてはメッシュデータの整備が進んでいるので、水資源賦存量を求めるには蒸発散量の計算が問題になる。

蒸発散量の推定式はこれまでも種々提案されているが、入手可能な気象因子やパラメータの同定に制約があるため、広域を対象とする場合に使用できる推定式は限定される。また、既存の推定式は平坦で、一様な植物群落からの蒸発散を対象としてきたために、本邦の山地のように地形、植生、土地利用形態が複雑に変化する場所へは適用しにくい。したがって、ここでは利用できるデータと精度を勘案して、既存の推定式を組み合わせることにより、新たな蒸発散量推定式を提示した。

以下に、蒸発散量の計算プロセスを中心にしたフローチャートを示し、水資源賦存量の計算手順を説明する。

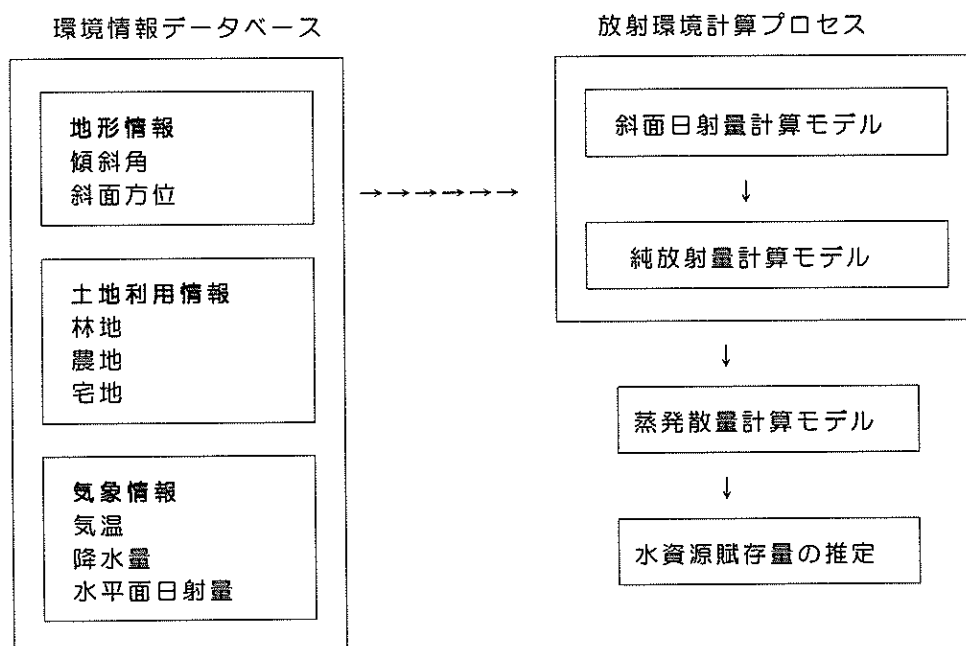


図-1 水資源賦存量計算のための流れ図

2) 計算手順

図－1に水資源賦存量を計算するためのフローチャートを示した。全体的な流れは地形、土地利用、気象などの環境情報の入力、斜面における放射環境の計算および蒸発散量と水資源賦存量の計算の三つのプロセスに大別される。計算は 1km^2 の三次メッシュを単位として月ごとに行い、結果はmm単位で表示する。

環境情報のなかの地形情報には、傾斜角と方位がある。これらのデータは国土地理院発行の5万分の1の地形図からメッシュごとに読み取った。

このとき、メッシュサイズが 1km^2 であるため、傾斜角や方位の異なる斜面が混在するが、面積的に大きい斜面を取り出し、これを対象メッシュの代表値とした。この作業はメッシュ数が多くなると煩雑になるため、標高などの数値情報を利用して計算する方法も有効である。

土地利用情報については、利用形態を林地、農地、宅地の3種類に区分した。データの読み取り作業は、兵庫県の環境基本情報データベースの土地利用情報と5万分の1の地形図を対比させながら行った。この場合も、面積的に一番広い利用形態をもってメッシュを代表させた。林地については、樹種、林齢、材積などの情報を組み込むことにより、さらに細分化することも可能である。しかしながら、蒸発散の計算過程で必要なアルベドや降雨遮断率などのパラメータが林分条件ごとに評価できないので、ここでは細分化を行わなかった。

気象データには 1km^2 メッシュでファイルされているメッシュ気候値を用いた。そこには降水量、気温（最大値、最小値、平均値）、水平面日射量が月単位で入力されている。なお、蒸発散量の計算では各月の平均値を用いた。環境情報の入力が終わると、放射環境の計算処理に移る。はじめに、蒸発散量の計算に不可欠な純放射量を求めるため、メッシュ気候値の水平面日射量を斜面日射量に変換する処理を実行する。そのため、水平面日射量を直達放射量と散乱放射量に分離し、これに経験関数を与えて両成分の日変化曲線を決める。これに斜面の傾斜角や方位、さらに太陽高度の影響を加えることにより、斜面日射量を算定する。

純放射量は、斜面での放射収支式を基礎として、これに先に求めた斜面日射量、アルベド（反射率）、長波放射量を代入して計算する。長波放射量の計算過程に必要な表面温度は、地表面における熱収支式を解いて与える。また、アルベドは年間を通して一定で、林地は0.1、農地は0.2、宅地は0.3とした。なお、斜面日射量と純放射量の計算は、清野ら¹⁾が開発したモデルを利用したので、計算式やプログラムの詳細については引用文献を参照していただきたい。

斜面の純放射量がメッシュごとに求められると、つぎに蒸発散量の計算プロセスへ移行する。前記したように、ここでは利用できる環境情報と精度の点から、(2)式で表される蒸発散推定式を導いた。

$$E = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \beta P \quad (2)$$

ここで、 R_n は純放射量、 G は地中熱流量、 Δ は飽和水蒸気圧曲線の勾配、 γ は乾湿計定数、 α 、 β は係数である。 G は閉鎖林分では僅少であるが、一般に農地や宅地では林地より大きいことが知られている。しかし、現時点では定量化が難しいので、ここでは G を省略した。 α については、湿潤面からの可能蒸発量が $\alpha=1.26$ で近似できることが知られているが、一般的には土地利用や水分環境により異なり、 α は $0.5 \sim 1.5$ の幅を持つことが報告されている。そこで、ここではその中央値を取り、 $\alpha=1.0$ とみなした。また、 β は概念的には林冠での降雨の遮断率に相当するパラメータである。そのため、立木密度、樹種、葉量などにより変化するが、これらを評価することはまだ難しい。本邦の森林では平均遮断率が $0.1 \sim 0.2$ の範囲に分布することが多いので、林地では $\beta=0.1$ 、農地と宅地では $\beta=0$ を与えた。

したがって、(2)式は右辺第1項が無降雨日の蒸発散量を、右辺第2項が降雨日の蒸発散量を表していると考えることができる。また、(2)式右辺第1項の $\Delta/(\Delta + \gamma)$ は温度に依存するため、メッシュ気候値の平均気温から計算することができる。 $0^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ の温度域においては、 $\Delta/(\Delta + \gamma)$ が温度の関数で近似できるとみなし、次式で表した。

$$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} = 0.0128 t + 0.418 \quad (3)$$

ここで、 t は平均気温である。こうして純放射量、気温、降水量および β を(2)式に代入することにより、メッシュごとに蒸発散量が計算される。したがって、水資源賦存量は算定された蒸発散量とメッシュ気候値の降水量を、(1)式に与えることにより求められる。ケーススタディとして兵庫県の六甲地域と宍粟地域を取り上げ、ここで示した手順により計算した結果をそれぞれ図-2、3に示した。

計算された水資源賦存量の精度を確認するため、上記の対象地域内に位置する流量観測所の10年間の流出量と比較した。その結果、宍粟地域において冬期から春期に違いが認められた以外、水資源賦存量と流出量の月変化はほぼ一致した。比較に当たり、対象流域の水分貯留量を見逃していることを考慮すると、

計算結果はおおむね妥当であると判断された。

2. データソース

土地利用状況は兵庫県の環境基本情報を，気象情報は農林水産省の農業環境技術研究所で整備された気温，降水量，水平面日射量のメッシュ気候値を利用させていただいた。

3. 参 考 文 献

- (1) 清野 豁：内嶋善兵衛(1988) メッシュ地形情報を用いた複雑地形地における太陽放射資源量の評価手法．グリーンエネルギー計画成果シリーズ No.8 (農林水産技術会議)：2～29.

144%

rk waterf10

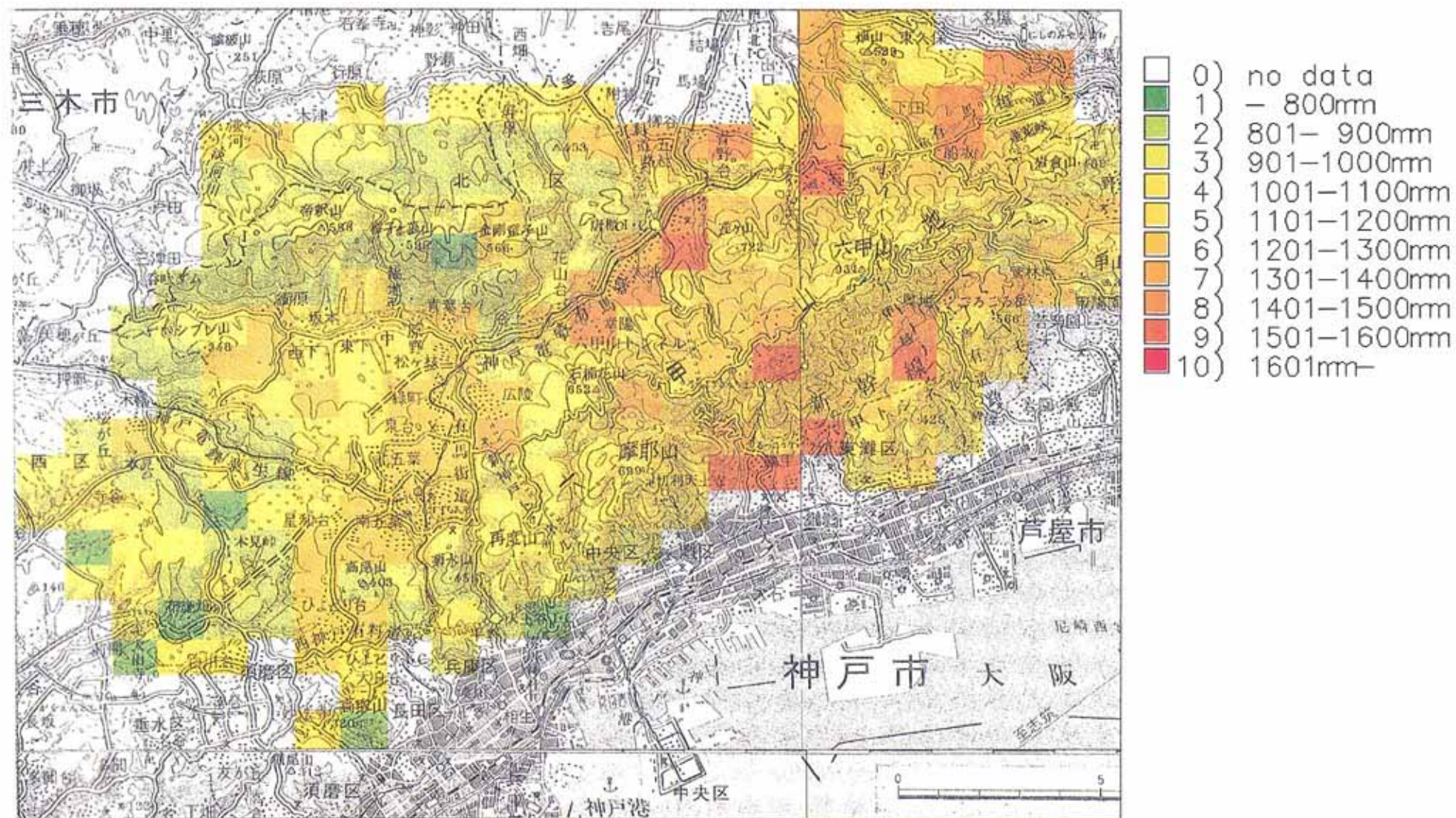


図-2 六甲地域における水保全機能評価図。

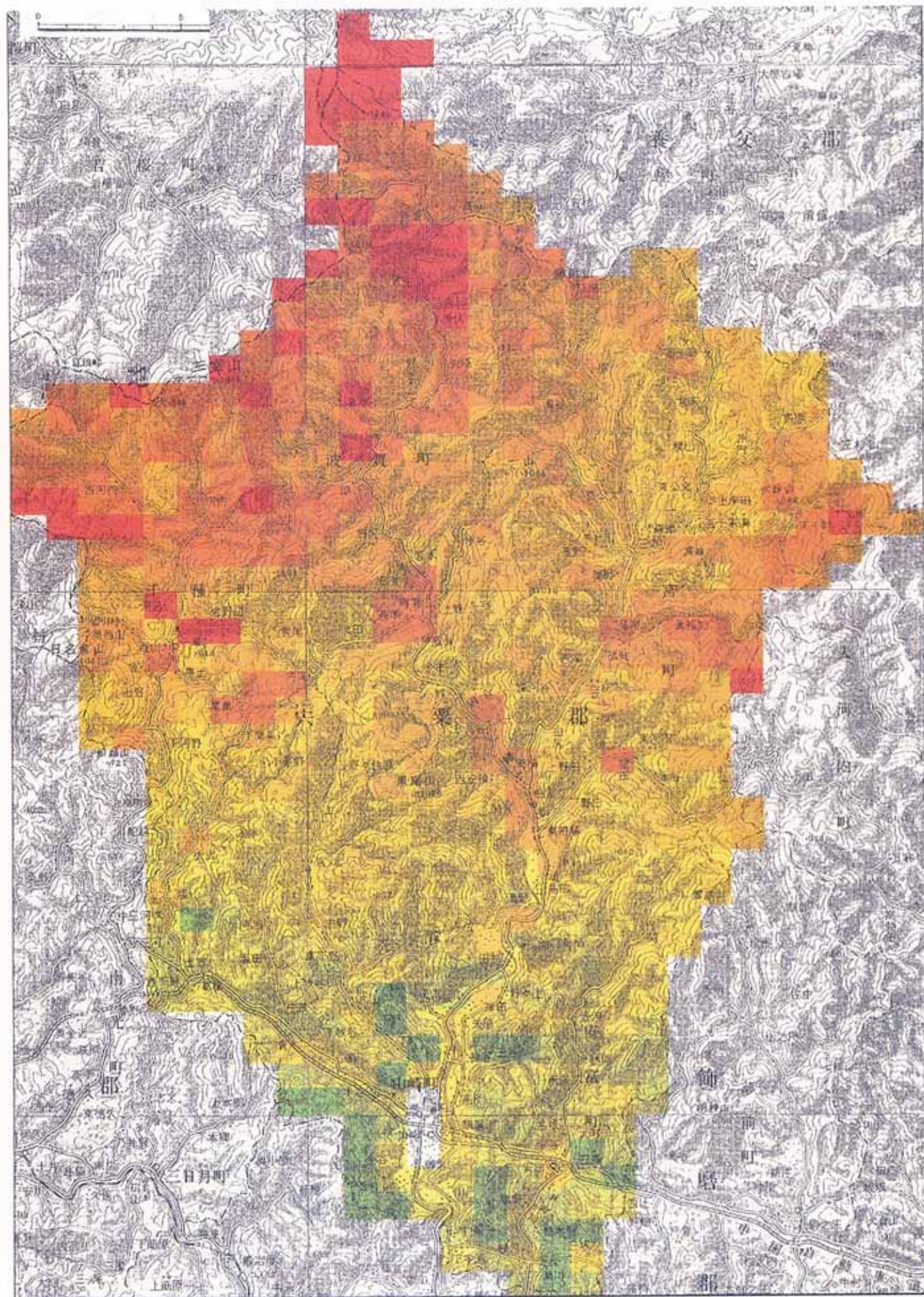


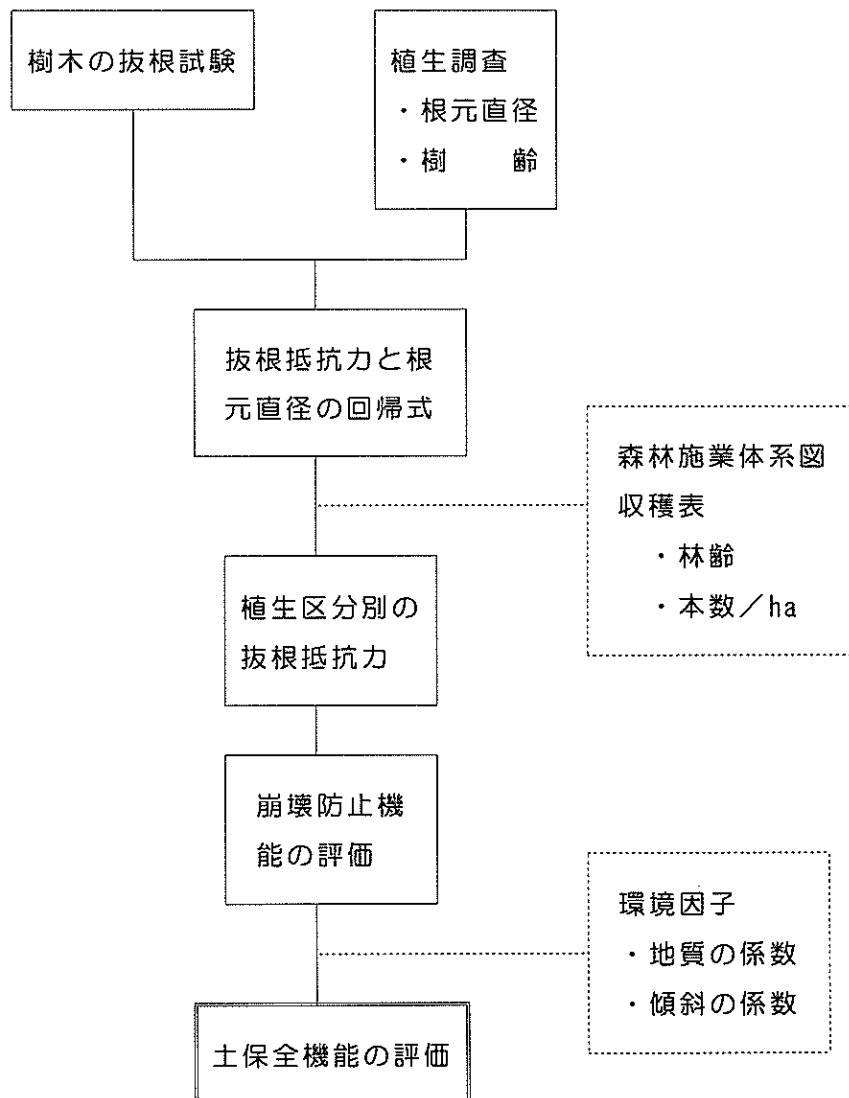
図-3 災害地域における水保全機能評価図。

4 土保全機能の評価手法

1. 方 法

樹木の抜根抵抗から推定した樹木根系の持つ崩壊防止機能を基準とし、これを崩壊と関係深い環境因子で補正して、土保全機能の評価する手法の開発を試みた。

土保全機能の評価手法の流れ図は図－１のとおりである。



図－１ 土保全機能の評価手法

1) 樹木の抜根試験

供試木を地上高60cmの位置で伐採し、チルホール（牽引機）を使用して、一定の速度で載荷し、抜根抵抗力はロードセル（荷重変換器）とひずみ測定器を用いて測定する。抜根の前に供試木の根元直径や樹齢も測定する。

2) 抜根抵抗力と根元直径の回帰式

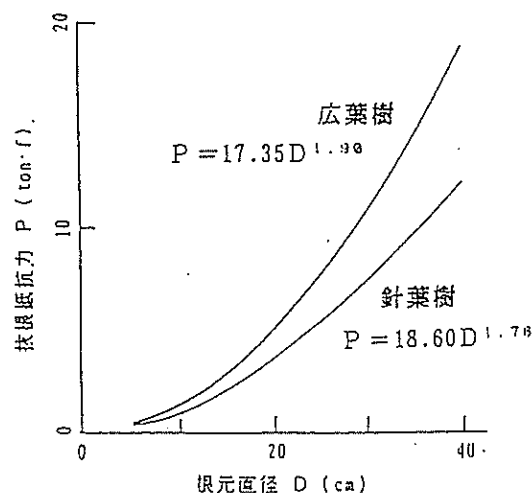
抜根試験と植生調査の結果より、針葉樹と広葉樹にまとめ、抜根抵抗力と根元直径の回帰式を求める

（図－2）。

3) 植生区分別の抜根抵抗力

抜根抵抗力と根元直径の回帰式を用い、林齢は針葉樹幼齢林を10年、壮齢林は30年、広葉樹は針葉樹より若干成長が遅いので幼齢林は15年、壮齢林は35年として、表－1に示した植生区分別の1本当たりの抜根抵抗力（R）を算出する。このR値を単位面積当たりの抜根抵抗力（W）に換算する。

このとき、林齢、単位面積（ha）当りの本数等は森林施業体系図や収穫表などを参考にする。なお、新植地Ⅰ齢級については収穫表からデータが得られないので、これまでの方法によってW値を求めることができない。そこで、ここでは針葉樹幼齢林のW値の1/2の値を代用する。



図－2 抜根抵抗力と根元直径の関係

表－1 植生区分別の抜根抵抗力と崩壊防止機能の評価点

植 生 区 分	根元直径 (cm)	1本当たりの 抜根抵抗力 R (kg·f)	ha当り の本数 (本)	単位面積当り の抜根抵抗力 W (kg·f)	崩壊防止 機能の評 価点
新植地Ⅰ齢級	--	--	--	263	2
針葉樹 幼齢林	14.0	1,946	2,700	526	4
広葉樹 幼齢林	12.9	2,225	2,420	539	4
針葉樹 壮齢林	30.8	7,806	1,470	1,146	9
広葉樹 壮齢林	25.4	8,050	1,500	1,208	10

4) 崩壊防止機能の評価

W値の最も大きい広葉樹壮齢林を崩壊防止機能の評価点10点とし、10段階による相対的な評価点を求める。

5) 土保全機能の評価

樹木の抜根抵抗力から求めた植生区分別の、10段階による相対的な崩壊防止機能の評価点に、表層地質の係数（表－2）と傾斜の係数（表－3）の係数を用いて、次式によって補正し、土保全機能の評価する。

$$Y = a_i \cdot b_i \cdot X_i$$

ここで、Y：土保全機能の評価点、 a_i ：表層地質の重み付け係数、 b_i ：傾斜の重み付け係数、 X_i ：単位面積当りの抜根抵抗力から求めた崩壊防止機能の評価点

表－2 表層地質の係数

表 層 地 質	地質係数
①破碎を受けた花こう岩類 （貫入岩）およびマサ	0.7
②第三・四紀火山岩堆積物 （堆積岩地の混在地域を含む）	0.8
③中・古生層（古第三紀を含む）・新第三紀堆積岩・凝灰岩の破碎帯および流れ盤	0.9
④その他	1.0

表－3 傾斜の係数

傾斜角(度)	傾斜の係数
0～9	1.0
10～19	0.9
20以上	0.8

以上の土保全機能の評価手法によって、都市近郊林である六甲地域と林業生産活動の活発な宍粟地域をモデル地域として、兵庫県環境基本情報の現存植生と表層地質、最大傾斜度のメッシュデータを利用し、1kmメッシュごとの土保全機能の評価点を求め、評価点図を作成した。評価点図より、六甲地域は土壌がせき悪であり、樹木の根張りが広いため、抜根抵抗力は大きく、立地環境の評価点は高かった。宍粟地域は土壌が肥沃であり、樹木の根張りは狭いため、抜根抵抗力は小さく、評価点は低い傾向が見られた。

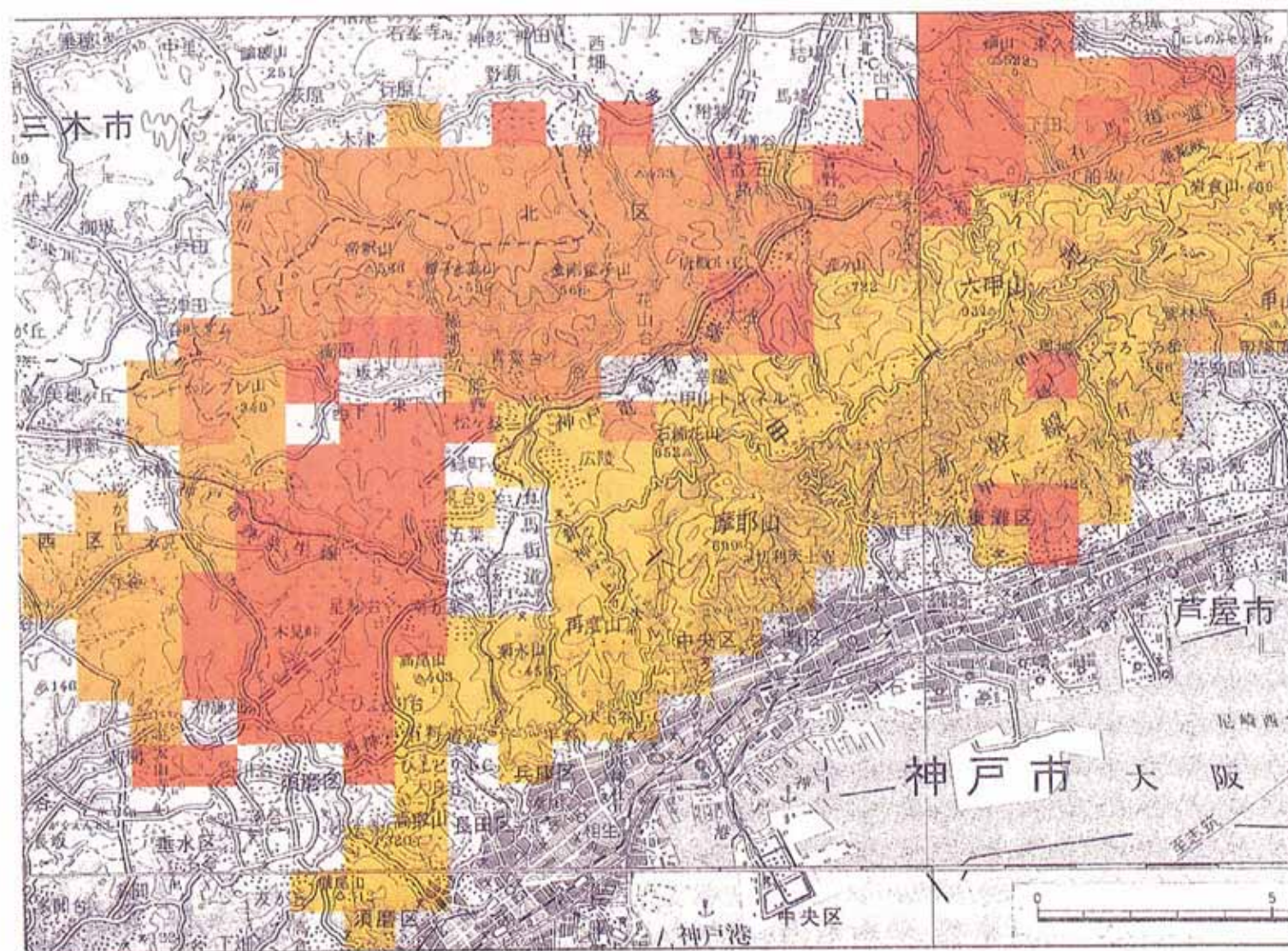
2. データソース

データは、兵庫県環境基本情報データベースを兵庫県から提供を受け、森林総合研究所関西支所風致林研究室がパソコンで利用可能な形にデータ変換を行い、緑資源情報データベースとして収録したものである。このデータベースの内、現存植生、表層地質、最大傾斜度のメッシュデータを1つのファイルにまとめ、ロータス1・2・3で加工し使用した。今回使用した現存植生は年齢が不明であるので、行政が新たに収集しておくとう望ましいデータとして、幼齡林、壯齡林、老齡林に分類した現存植生があれば便利である。

144%

rk landf

図-3 六甲地域における土保全機能評価面図。



0	no data
1	Rank 1
2	Rank 2
3	Rank 3
4	Rank 4
5	Rank 5
6	Rank 6
7	Rank 7
8	Rank 8
9	Rank 9
10	Rank 10

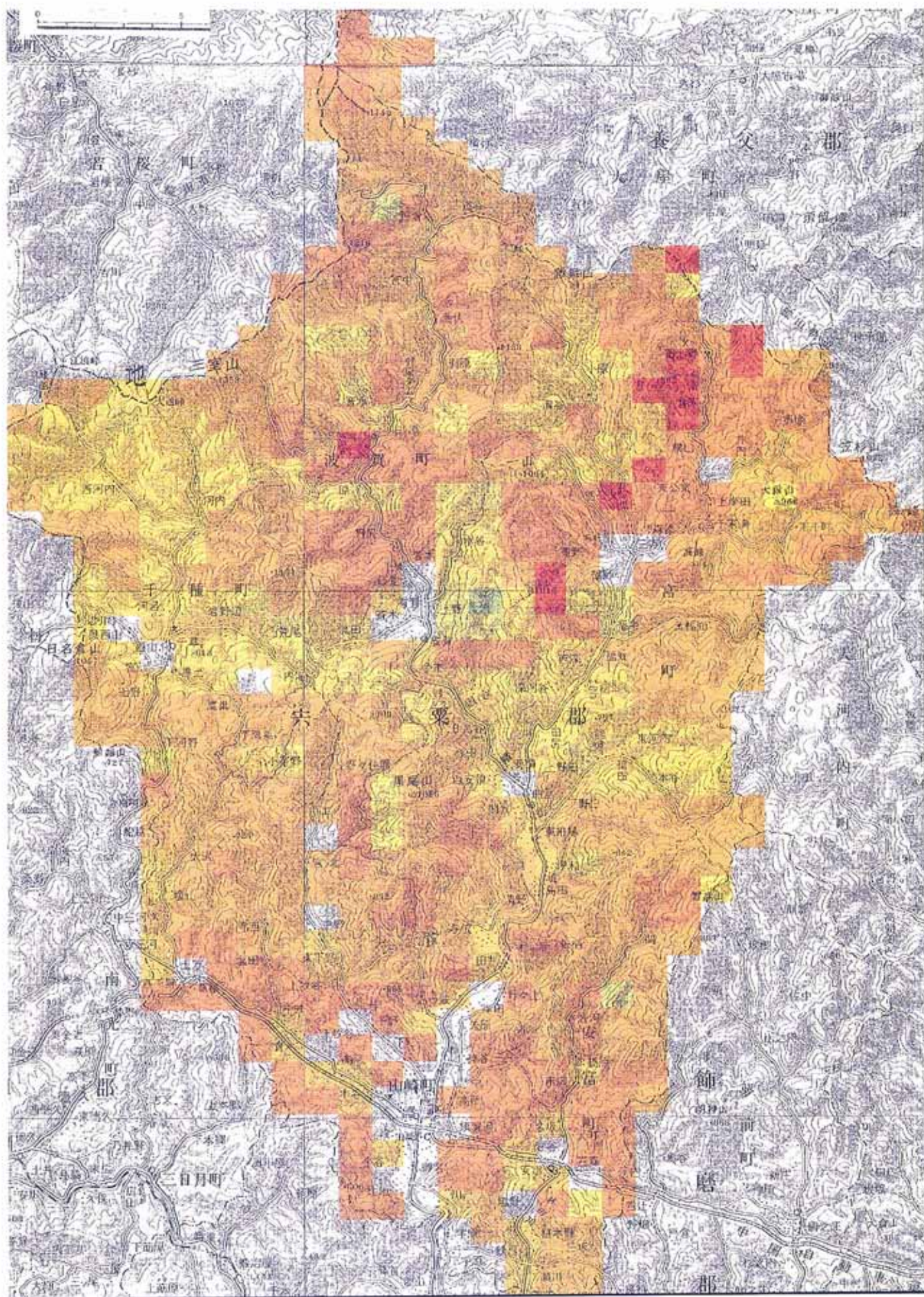


図-4 中央地域における土保全機能評価図。

5 植生自然度の評価手法

1. 方 法

植生の自然度をどのように表現するかについては、まだ定まったものはない。自然度とは植生が地域の自然環境を反映し、安定した原生の状態にいかにも近く、また植生がどの程度豊かであるかを表すものであるという観点から、自然度を既存の植生資料をもとに、兵庫県の地図情報を用いて500mメッシュで表現した。

従来よく用いられていた植生の自然度は植生を細かく分け、評点を与えただけのものである。植生の遷移の程度や原生の程度ならびに植生の豊かさの程度から地域の植生の自然度をあらわしたものは見あたらない。ここでは、既存植生資料として入手可能な、環境庁が行った「日本の重要な植物群落」調査の植生資料と兵庫県環境基本情報の「現存植生」および「標高」のメッシュデータから、植生の遷移の程度と原生の程度および植生の豊かさをあらわす種の多様性を推定し、植生の遷移、原生の程度と豊かさを反映した自然植生度を求めた。それを六甲地域と宍粟地域を対象に地図化した。

兵庫県環境基本情報の中で現存植生の500mメッシュデータを用いて兵庫県全体の現存植生を、落葉広葉樹林、温帯針葉樹林、常緑広葉樹林、暖帯針葉樹林、落葉広葉樹林、マツ林、自然草地、ササ原、竹林、人工林、人工草地、果樹園等、沼沢地、市街地等の14のタイプに類型化した。そして各々の植生が地域の潜在自然植生にどれだけ近いかを、一般に遷移が進むほど遷移の進行速度が低下するという事実を考慮した「遷移」度であらわした（図－1）。なお、人工林や竹林等の人工植生の遷移度を自然草地等の先駆植生遷移度より低くしたのは、人工植生が何らかの形で破壊された後、植生遷移が始まるからである。

次に「日本の重要な植物群落」から極相かもしくは極相に近い植物群落を取り出し、各メッシュにこれらの群落が含まれている場合は評点2を与え、植生の原生の程度の一基準とした（図－1）。原生植生は現在では貴重な存在であるので、これはまた植生の貴重性をもあらわしている。

さらに植生の豊かさをあらわす種の多様性（種数）を各メッシュ毎に推定した。まず季節別の山岳地帯の平均気温減率から標高毎の暖かさの示数を計算し、標高と暖かさの示数との関係を求めたところ、きれいな線形の関係（暖かさの示数＝ $114.9 - 0.044 \times (\text{標高})$ ）が得られた。そこで、この関係を用いて標高のメッシュデータから各メッシュの暖かさの示数を推定した。次にデータベース化した「日本の重要

な植物群落」の植生資料から暖かさの示数と種数との関係を調べたところ、両者の間には90℃・月付近で種数が最大になる山形の関係（種数=11.21+0.02×（暖かさの示数）+0.005×（暖かさの示数）²-0.00004×（暖かさの示数）³）が認められたのでこの関係を利用して、少し粗雑ではあるが各メッシュ毎の種数を推定した（図-1）。

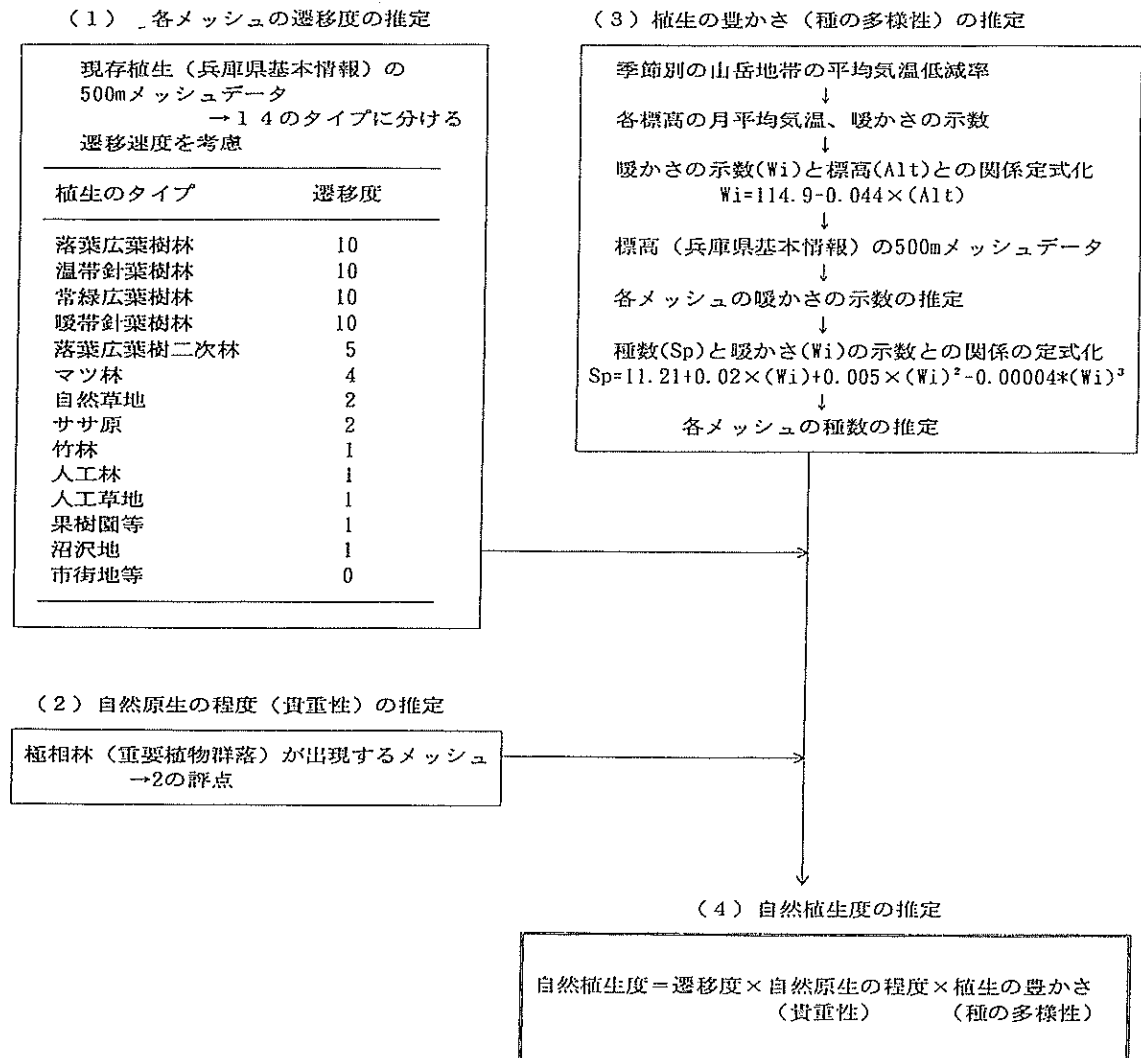


図1 自然植生度の推定方法

このようにして求めた各メッシュ毎の植生遷移度、植生の原生の程度および植生の豊かの程度（種数）の評点を掛けて、各メッシュ毎の自然植生度を計量化し（図-1）、10段階表示して、兵庫県の六甲地域と宍粟地域を対象に地図化した（図-2、図-3）。

2. データソース

兵庫県環境基本情報（風致林研究室によって加工された緑資源データベース）

「環境庁：日本の重要な植物群落 関西版 昭和57年」に温度データを加えたデータベース（提供可能）

144%

rk shizen94

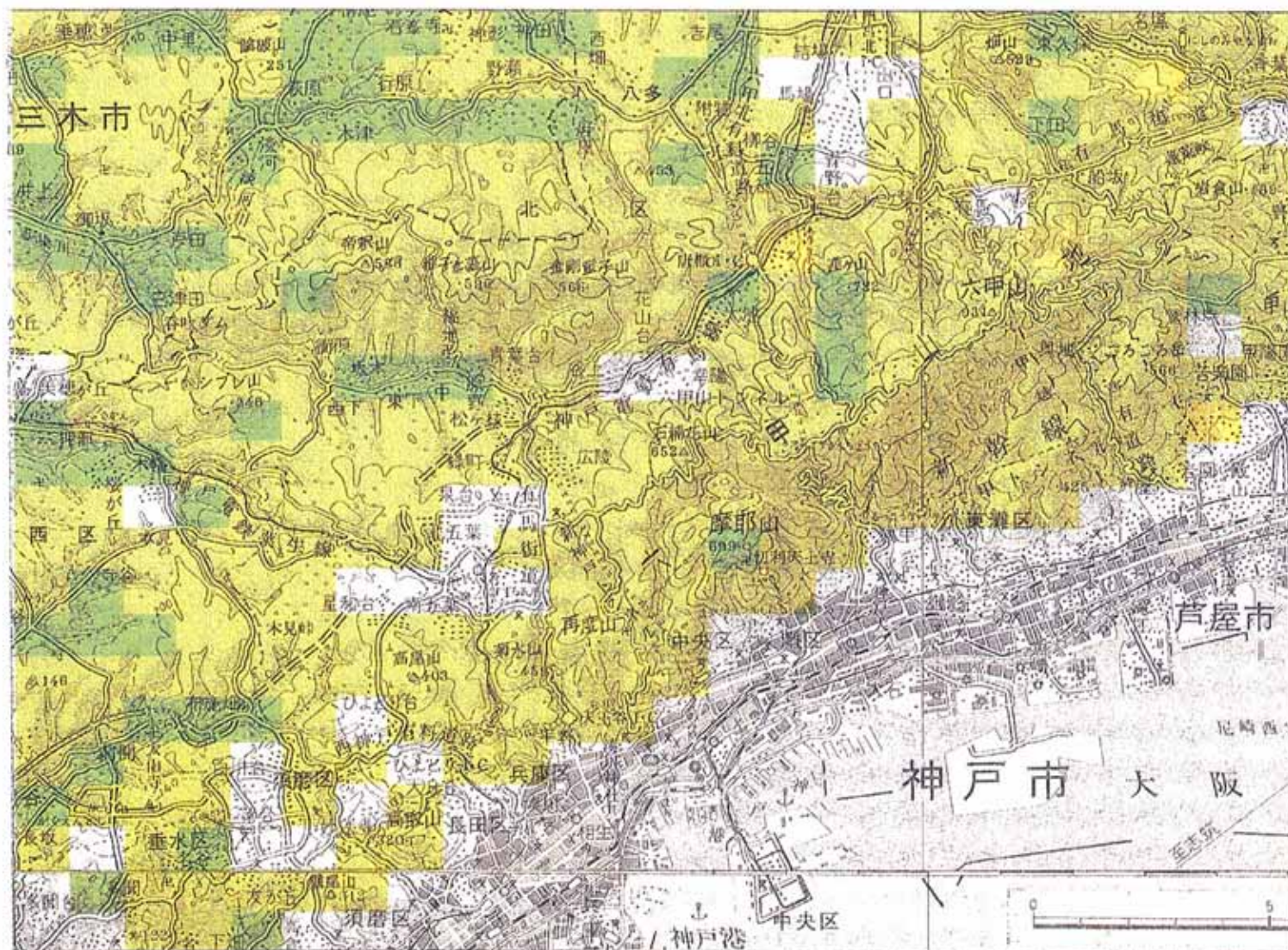


図-2 六甲地域における植生自然度評価図。

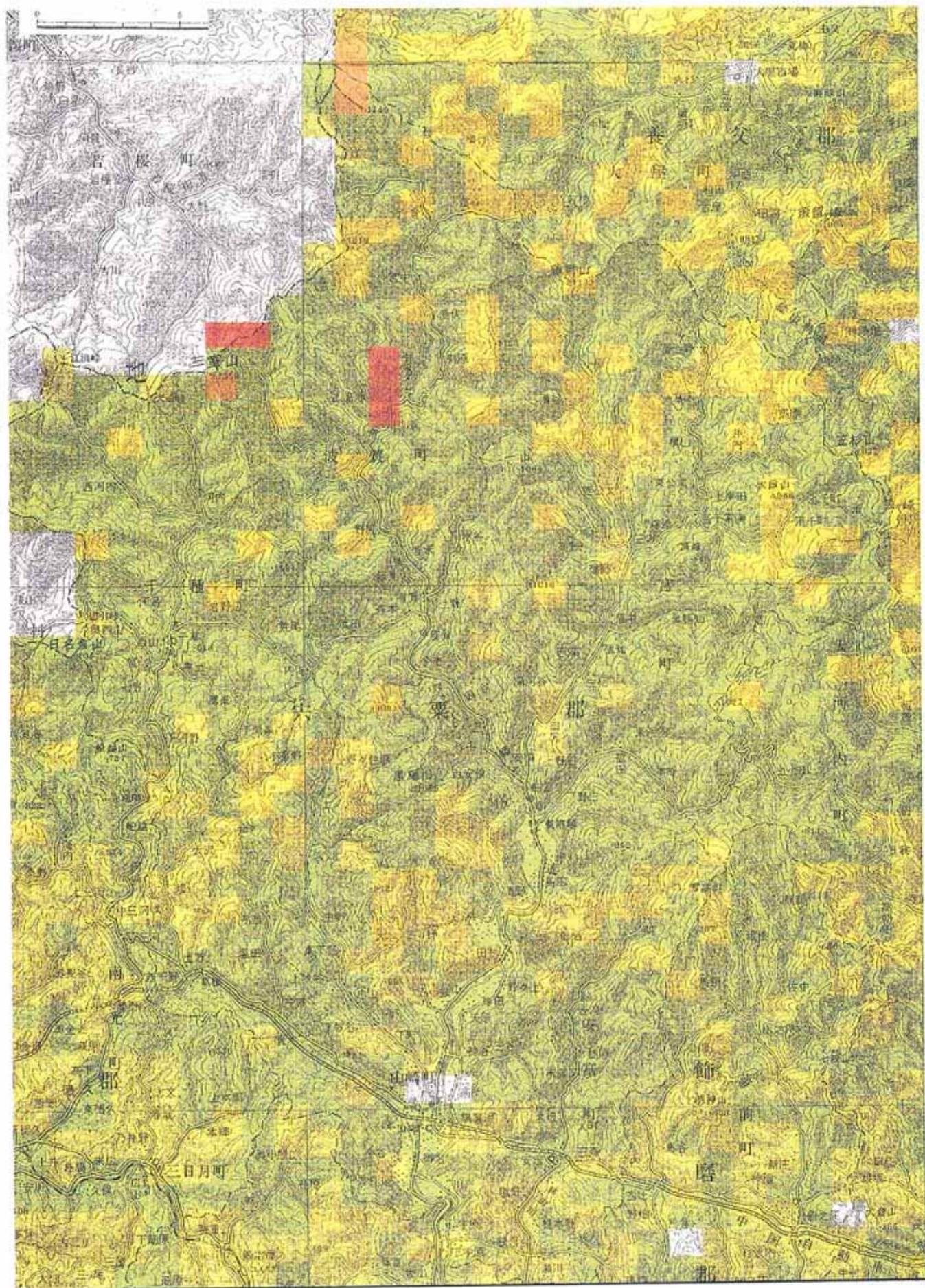


図-3 穴栗地域における植生自然度評価図。

第3章 緑資源の地帯区分手法

1. 方 法

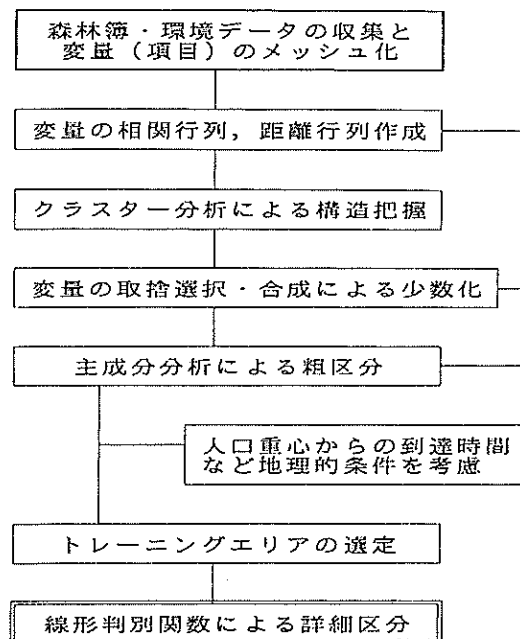
森林の位置・利用形態に注目すると、都市近郊林、里山林、奥地林といった分類が考えられるがその基準は漠然としている。そこで、できるだけ多種類の森林資源および環境情報データより、多変量解析によって機能的な地帯区分を行う手法を開発し（図－1）、兵庫県南半の民有林の地帯区分を試みた。

地帯区分にはメッシュ化されている兵庫県環境基本情報（表－1）、森林簿および本研究の成果である土壌生産力のランクデータを利用した。地帯区分は500mメッシュ単位で行い、1kmメッシュは500mメッシュに変換して利用した。大型コンピュータのマグネットテープに格納された森林簿データをMS-DOSに変換し、パーソナルコンピュータで取り扱えるようにした。

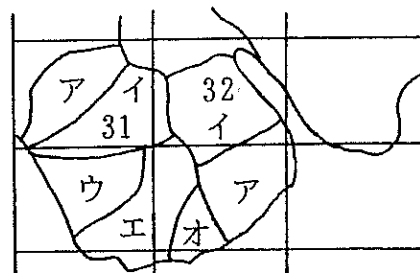
そして、林班界が記入された森林機能配置図を500mメッシュで区切り、メッシュごとに各小班（一般の府県では準林班にあたる）が占める比率を、図－2のように1/20単位で読み取った。小班ごとに集計しておいた森林資源の構成にその比率を乗じて、表－2のようにメッシュあたりの森林資源の量や占有面積(%)を求めた。

そのうち、まず最初に法的規制に関するものや森林と直接関係がないものを除いた74項目を変数として相関行列(R)を求めた。1-Rを距離行列と

してワード1-Rを距離行列としてワード法によるクラスター分析を行ったところ、広葉樹のメッシュあたり材積や植生自然度などの群とスギ、ヒノキの材積や土



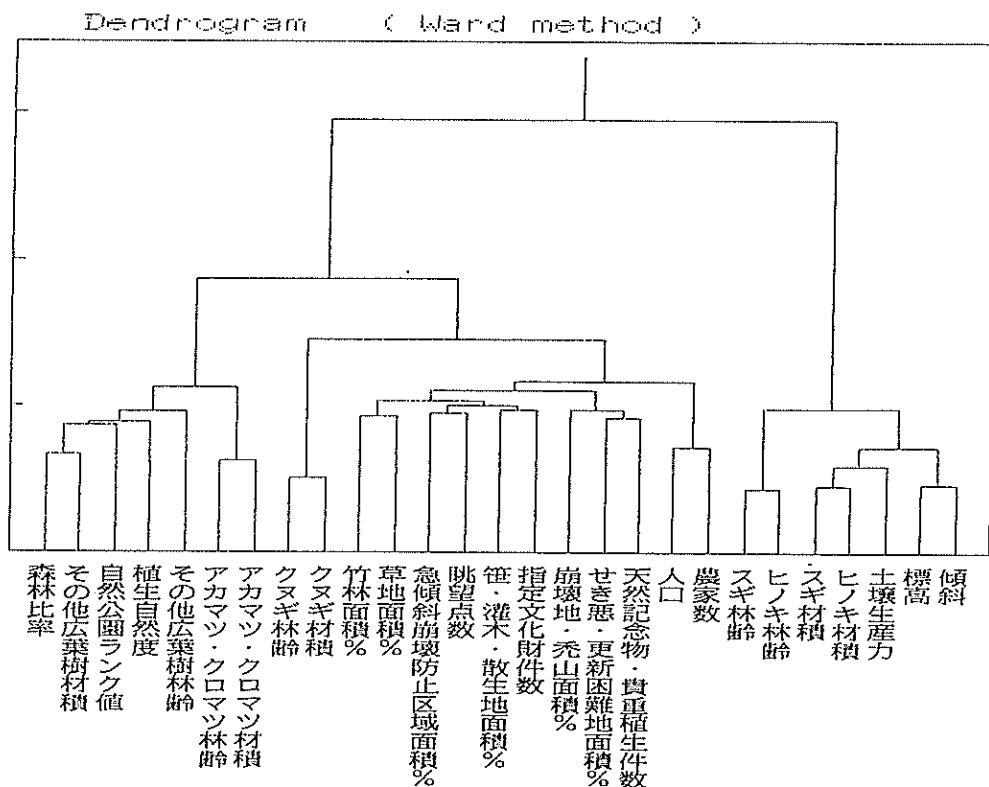
図－1. 地帯区分の手法



図－2. メッシュと林班界の対応

以下のメッシュの場合31:1,ウ:9,イ:4,
森林以外:6のように読み取る。

壤生産力を含む群，およびその中間の多数の変量からなる群に区別できた。
これを参考にして，相関が互いに強い変量の一方やどれとも相関が低い変量を棄却したり，あるいは禿山と崩壊地といった類似の変量を加算し合成変量にして，クラスター分析と主成分分析を試行錯誤的に数回繰り返し，変量を27個にしぼりこんだ（図－3）。

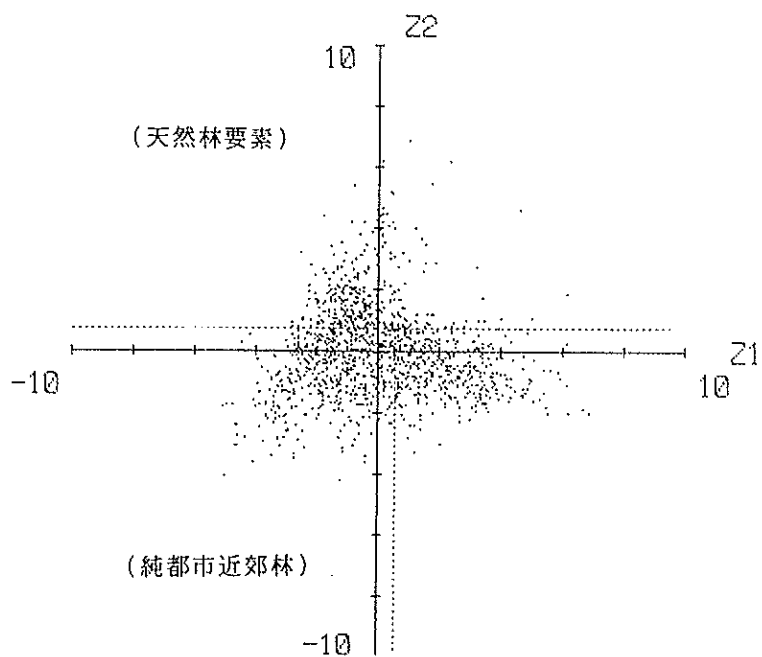


図－3. 各変量のクラスター分類

これを用いて，隣県や国有林との境界のため面積が不十分なものを除いたメッシュについて主成分分析を行った。

第1主成分は土壌生産力，森林率，スギ・ヒノキの林齢・材積等と強い正相関をもち，生産資源（林業）的利用が大きい里山林に相当すると考えられた。

第2主成分は植生自然度，自然公園ランク値，広葉樹の材積と正相関をもち，天然林要素と呼ぶことにした。



図－4. 第 1・2 主成分の散布図と分類基準

残った領域は以上の特徴が無く人口と結び付くので、人家近く的环境保全を重視すべき森林であり（純）都市近郊林に相当すると考えられた。図-4のように、第1主成分は点が少しまばらになる $Z_1=0.5$ を、第2主成分ではスコア値の標準偏差の $1/2$ に相当する $Z_2=0.76$ を境界とし、第2主成分を優先して各メッシュを分類した。

天然林要素は南部にもかなり見られるが図-5の手法で求めた人口重心からの時間距離（図-6）が短く、奥地林と同一にするのは問題がある。そこで、北部の宍粟地域と都市近郊である六甲地域の天然林要素をトレーニングエリアとして27変量の線形判別関数を求め、これを用いて全域の天然林要素を奥地林と広葉樹林が多く残る都市近郊林に分類し、最終的な地帯区分図（図-7）を得た。

2. データソース

(1) 環境基本情報（表-1，兵庫県環境保健部環境管理課提供，風致林研究室において加工された緑資源データベースを利用）

(2) 森林簿（表-2，兵庫県農林水産部林務課），森林機能配置図，土壌生産力ランクデータ（森林総研関西支所土壌研究室計算）を用いた。

(3) 到達時間の計算には1/5万地形図から道路を読み取り，表-3に示したメッシュ間の移動時間を図-5に従い積算した。

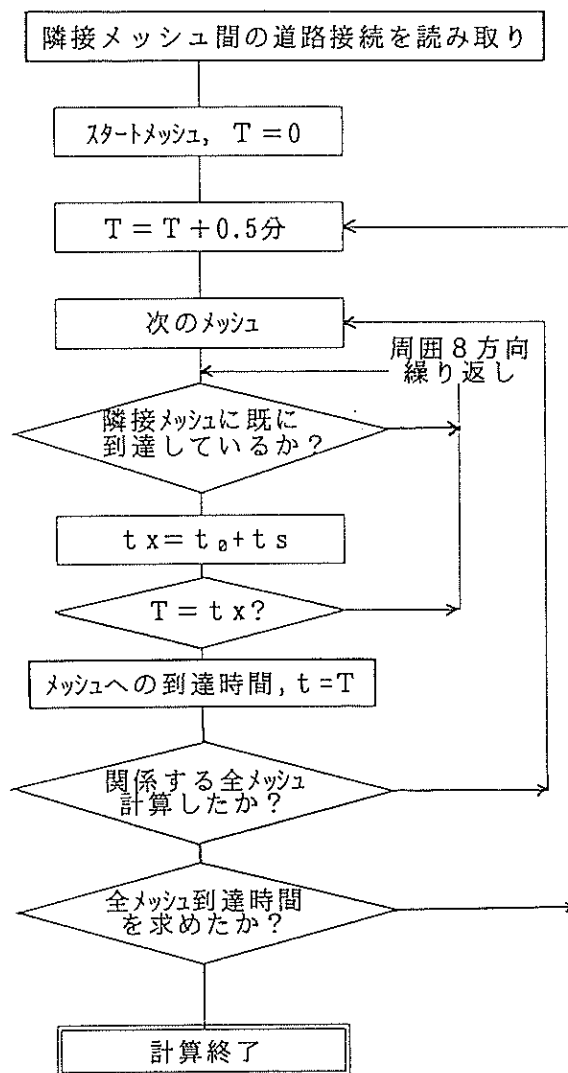


図-5. メッシュへの到達時間の計算方法
 T : スタートメッシュからの経過時間,
 t_s : 隣接メッシュからの移動時間,
 t_0 : 隣接メッシュへの到達時間

表－１ 兵庫県環境基本情報

データの種類	項 目
点	指定文化財，埋蔵文化財，公共施設
線	河川位置，海岸線位置，道路位置
ゾーン	行政区界，流域界
メッシュ(数値500m)	平均標高，最大傾斜量，起伏量，河川延長，緑被分布，D I D人口，自動車走行台キロ
// (数値1 km)	人口，人口変化，人口動態，農家総数，経営耕地面積
// (カテゴリーカル500m)	自然景観，地形分類，土地生産力，緑被変化，現存植生，植生自然度，土地被覆状況，特定植物群落，天然記念物，貴重な地形・地質，砂防指定地域，地すべり防止区域，急傾斜地崩壊危険区域，保安林，ゴルフ場区分，都市計画区域，用途地域，近畿圏整備計画地域，土地利用計画地域
// (カテゴリーカル1 km)	表層地質分類，土壌分類，眺望点

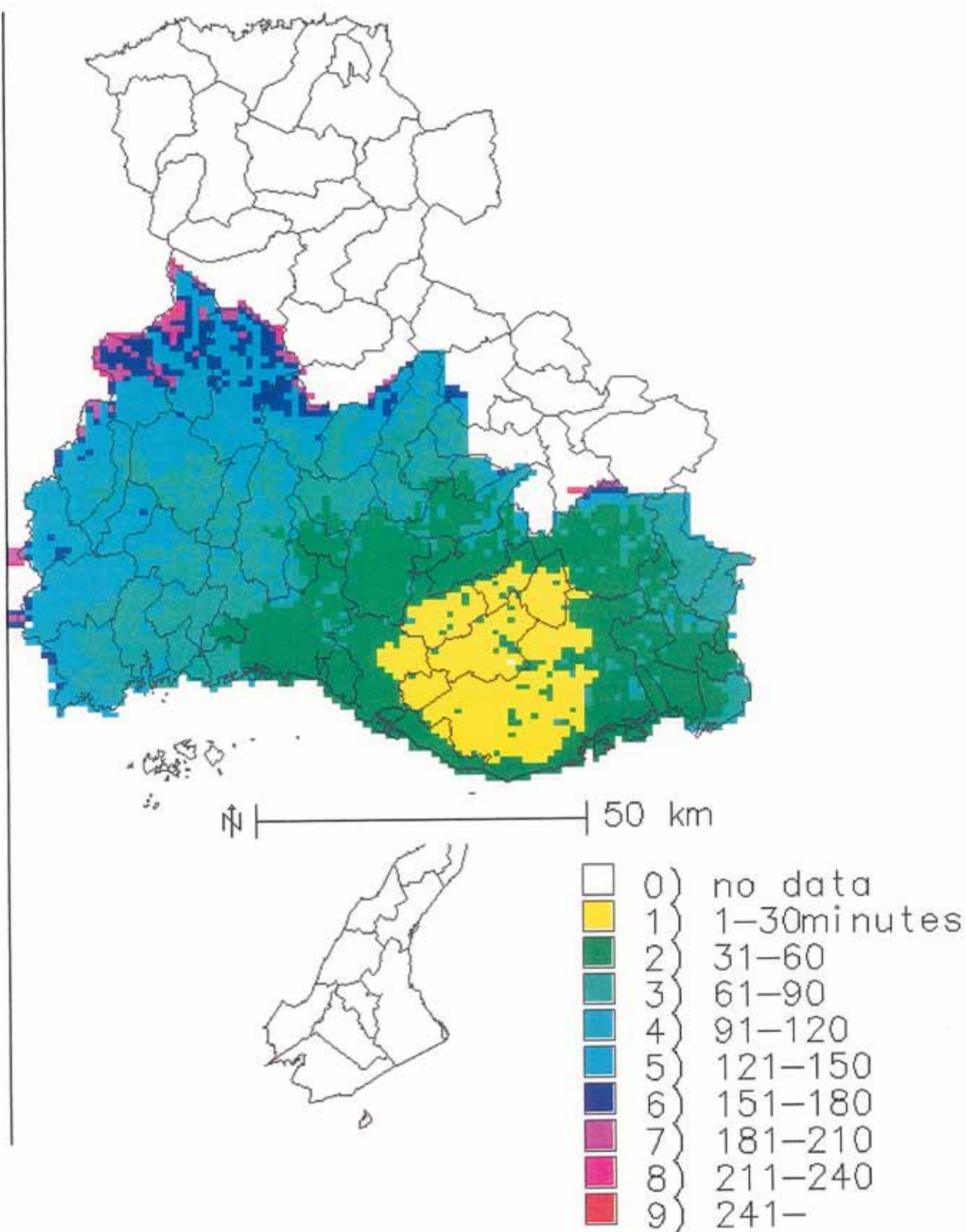
表－２ 森林簿からメッシュデータに変換した項目

形 式	項 目
平均林齢 面積比率(%) 蓄積・成長量	森林計，人工林，天然林，針葉樹計 樹種別(スギ，ヒノキ，アカマツ，クロマツ，モミ・ツガ その他針，クヌギ，トチ・ブナ，その他広)
面積比率(%)	その他地況(竹，人工林伐跡，天然林伐跡，散生地，草地，笹地， 灌木地，崩壊地，禿山，せき悪地，困難地，採草地，除地その他)， 施業の規制(禁伐，択伐，皆伐)，保安林，自然公園，その他の 規制(鳥獣保護地域等13種)，地位，地利，所有形態

表－３ 隣接メッシュへの想定移動時間

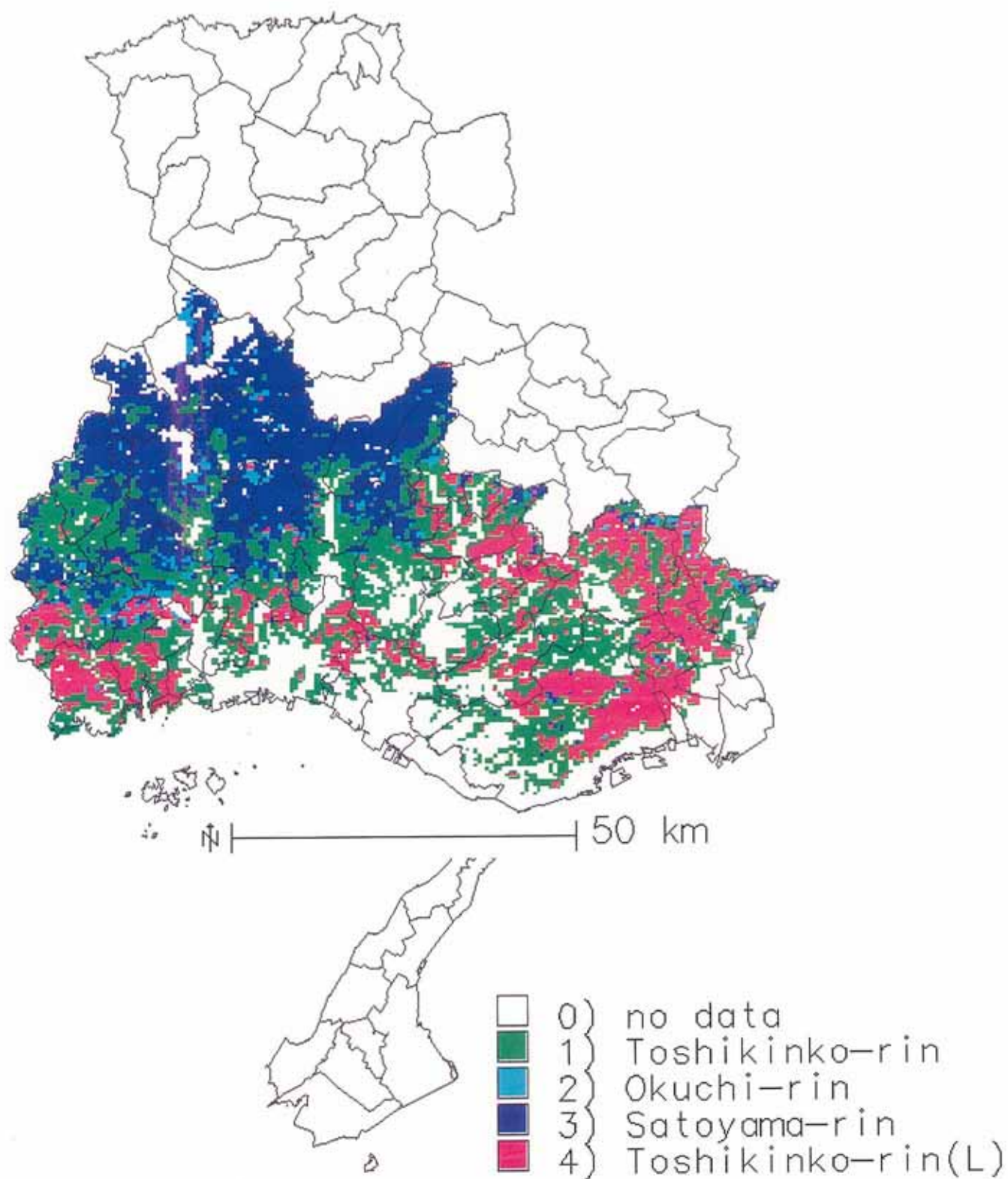
道路の種類	想定速度		移動時間(分)		
	(km/時)	(m/分)	南北	東西	斜め
高速道路	80	1333	1	1	1
自動車専用道路の一部	60	1000	1	1	1.5
幅員5.5m以上の道路	40	667	1.5	1.5	2
幅員1.5m以上の車道	25	417	2	2.5	3.5
幅員1.5m未満道路	3	50	18.5	23	29.5
道路なし	1.5	25	37	45.5	59

なお，データの選び方，計算手順のシステム等は提供可能である。



Iehara SEK2

図-6 兵庫県の人ロ重心から各メッシュへの到達時間。
t : 到達時間 (分)

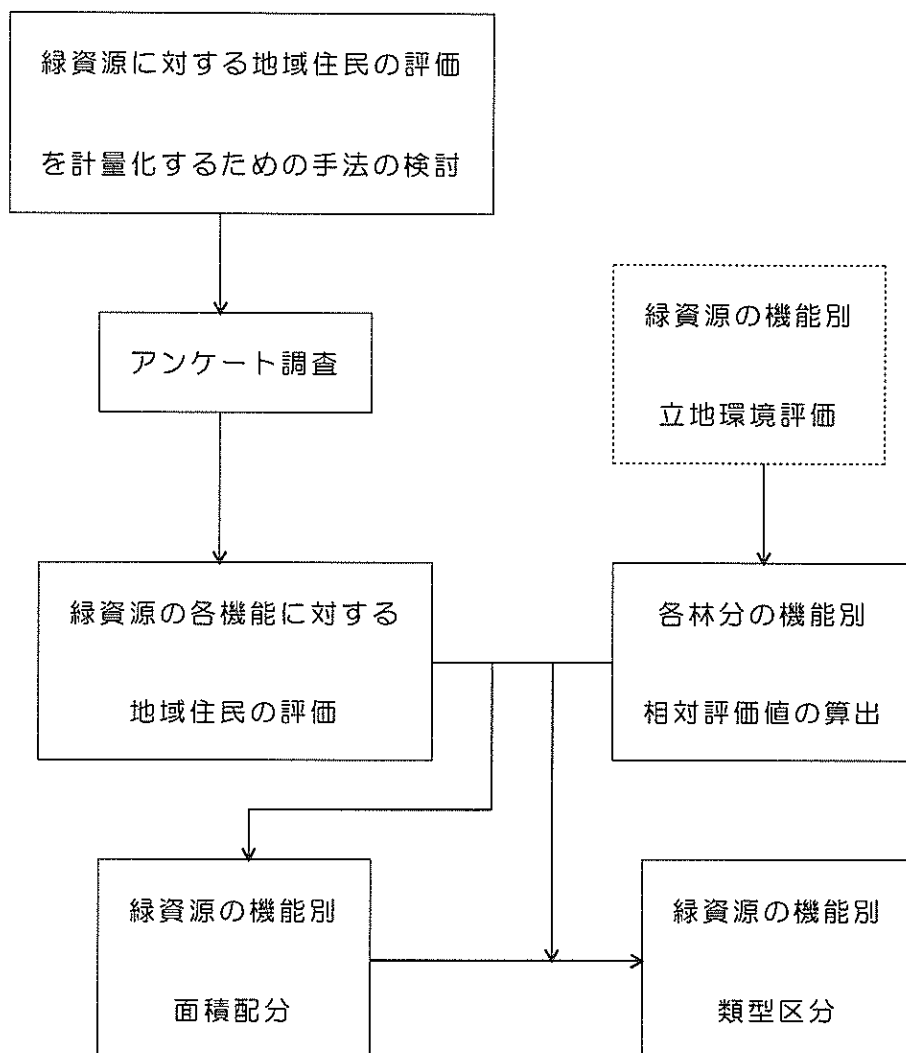


Iehara Zoning final

図-7 緑資源の地帯区分。

第4章 緑資源の機能別類型区分

1. 方法



図－1 緑資源の機能別類型区分に至る過程

1) 緑資源に対する地域住民の評価を計量化するための手法

緑資源の諸機能に対する地域住民の評価を計量化するのに有効と考えられる既存の手法を用いて、各機能に対する個人的な評価についてのアンケート調査を行った。そして、それらの結果を比較したうえで、適切と考えられる計量化の方法を検討した。その際、機能の分類は、互いの重複を避け、できる限り単純かつ被験者にわかりやすい形で行わなければならない。

そこで、機能全体を、まず木材生産、水土保全、風致保全、自然保全（動植物

保護) (グループA) に分け、さらに水土保持は斜面崩壊防止、洪水防止、水供給、水質保全 (グループB) に、風致保全は (日常の) 景観と保健休養 (レク) に分けた。

検討のために用いた方法は、まず評価の精度が高いAHP法 (一対比較において、相対的な重要性について9段階の評価を求め、集計結果を比率尺度で表す方法) とSBE法 (個々の機能に対して被験者が与える10段階の点数評価値をもとに機能間の相対評価を行う方法) を試みた。しかし、いずれも被験者間で評価値の分散に大きな差があったり、互いに不整合な回答が多く見られた。

そこで、グループAとBについては、単純な一対比較法の適用 (グループごとに順位付けしてもらった結果について、Thurstoneの比較判断の法則を用いて機能間の相対評価を行う方法) を試みた。さらに、比較がさほど困難でないと判断された対 (グループAの中で評価の差が最も大きかった「木材生産：水土保持」、グループBは「斜面崩壊防止：水質保全」) について、5段階評価を含む一対比較の結果をAHP法と同様に比率尺度評価した。これを単純一対比較法で得られた距離尺度評価と組み合わせ、4つの機能に対するウェイト評価値を算出した。すなわち、

$$W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 1 \quad (W_1 < W_2 < W_3 < W_4)$$

$$W_2 = W_1 + a * A_2 : \quad W_3 = W_1 + a * A_3 : \quad W_4 = W_1 + a * A_4$$

$$W_4 / W_1 = b$$

(ここで、4つの機能に対するウェイト評価値 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 及び係数 a を、順位付けにもとづく距離尺度評価値 A_2 、 A_3 、 A_4 と一対比較にもとづく比率尺度評価値 b から求める)

この方法を関東、関西、奄美大島の3地域において試し、その有効性を検証した。その結果、無効回答は殆どなく、グループAは、3地域いずれも、水土、自然、風致、木材の順に評価が高く、グループBでは、水質に対する評価がいずれも最も低かった。また、グループAのウェイト評価値は3地域とも近い値が得られた。

2) 緑資源の各機能に対する住民のウェイト評価値の算出

上記の手法を用いて、六甲山系周辺の都市部 (神戸・西宮・芦屋・宝塚) の住民に対し1562通、林業地宍粟郡の住民に対し430通の調査票を郵送し (回収率約27%)、緑資源の各機能に対するウェイト評価値を得た。その結果、グループAについては、六甲山周辺の住民は、水土、自然、風致、木材の順に高く評価した。

さらに、性別に見ると風致保全に対する評価の違いが特に顕著であり（男＞女）、年齢別に見ると低い年齢層ほど自然保全と風致保全に対する評価が高いという傾向が見られた。

これに対し、宍粟郡の住民全体では六甲山周辺に比べて木材生産に対する評価が高かったが、女性は木材生産よりも自然保全を高く評価した。また、グループ B については、水供給と洪水防止に対する評価が同程度で最も高く、水質保全に対する評価が最も低い点で六甲山周辺と宍粟郡の結果はほぼ一致した。ただし、機能間、地域間、男女間の差はグループ A に比べて小さく、年齢別のはっきりとした傾向は見られなかった。

以上の結果を、男女比 1 対 1 として計算しなおすと、表 1 のようになった。

表 1 緑資源の諸機能に対する住民のウェイト評価値

	木材	水供給	洪水	水質	崩壊	景観	レク	自然
六甲	.104	.142	.143	.056	.110	.129	.046	.271
宍粟	.201	.130	.127	.069	.106	.127	.034	.205

3) 各林分の機能別相対評価値の算出

上記のウェイト値、ならびに各機能ごと及び 1 km メッシュごとに算出された立地環境評価値を用いて、六甲山系及び宍粟郡内の森林について機能別に面積配分を決定した。その際、木材生産、崩壊防止、自然保全の各機能については、関連課題の成果（1 km メッシュ評価値）を用い、両地域を一括して 10 を最高点、1 を最低点として小数点 1 位までの（距離尺度）評価値として算出した。また、水保全機能のそれぞれ（洪水防止、水供給、水質保全）については、関連課題の成果（水資源賦存量の評価値）を用いて、新たに以下のように評価した。

(a) 水供給については、六甲山周辺地域では供給量の 29.2% を六甲山の水系に依存していることから、六甲山系の水資源賦存量評価値に 0.292 を乗じた。宍粟郡については六甲山周辺域との水需要量の比率（0.395）を乗じた（兵庫県総合水源計画（兵庫県）に基づく）。

(b) 洪水防止機能は森林からの水流出量が小さいほど高く評価される。すなわち、流出量が大きいのほど高く評価される水供給（水資源賦存）機能と対照的である。そこで、評価の最高点が 10、最低点が 1 となるように、11 から水資源賦存機能の評価値を減算した値を評価値とした。

- (c) 水質の重要性は人口と域内の森林からの供給率（宍粟100%，六甲29.2%）の双方に比例すると考えられる。そこで，宍粟郡の水資源賦存量評価値に0.0245（両地域の人口比）を，六甲山の評価値に0.292（前出）を乗じた。さらに，風致保全機能については以下の方法で評価値を算出した。
- (d) 景観保全機能については，各メッシュ内の人口と隣接するメッシュの人口のグラヴィティモデルにもとづく評価値を用いた。
- (e) 保健休養機能については建設省が六甲山系を対象に行ったアンケート調査の結果を基準に評価値を算出した。宍粟郡については当研究室が行ったものをもとに評価した。その際，各々の地域の人達が他方の森林をどの程度利用しているかを推定しなければならないが，当研究室のアンケート回答者数と流域内の人口の比が両地域でほぼ同じことから，両地域を同等に評価して，他地域の利用者数を加算した。また，両アンケート調査結果の比重を計算するために，回答者数と流域内の人口の比を比較すると，前者が大きく，後者のほぼ2倍であった。そこで，宍粟郡の各メッシュの評価点数を2倍にした。

4) 機能別面積配分の決定

上記の方法で算出した1 kmメッシュごとの機能別評価値を以下のようにプロットした。すなわち，8つの機能（表－1）それぞれについて，面積を横軸に，評価値を低い方を上にして縦軸にとり，評価が高いメッシュから面積を順次累積して右上がりの曲線（供給曲線を模したもの）になるようにした（図－2）。その結果を見ると，六甲山においては水質保全と洪水防止機能に対する評価が全般的に高かったため，評価－累積面積曲線が相対的に右の方に位置した（タイプH）。これに対し，崩壊防止と自然保全に対する評価が低く，曲線は左の方に位置した（タイプL）。また，宍粟郡では木材生産と水供給機能に対する評価が全般的に高く（タイプH），水質保全と自然保全に対する評価が低かった（タイプL）。

これらの曲線と各機能に対する住民のウェイト評価値を用いて，各機能ごとのメッシュ（面積）の配分率をそれぞれの地域について以下の方法で決定した。すなわち，各機能についての評価－累積面積曲線上の点から横軸までの高さ（図－2の V_i ）がそれぞれの機能に対する住民のウェイト評価値（表－1）に比例し（ $V_i = \alpha W_i$ ），かつ各機能の配分面積（ A_i ）の総和が六甲山と宍粟郡それぞれの面積に等しくなるようにした。これは以下の考えに基づいている。

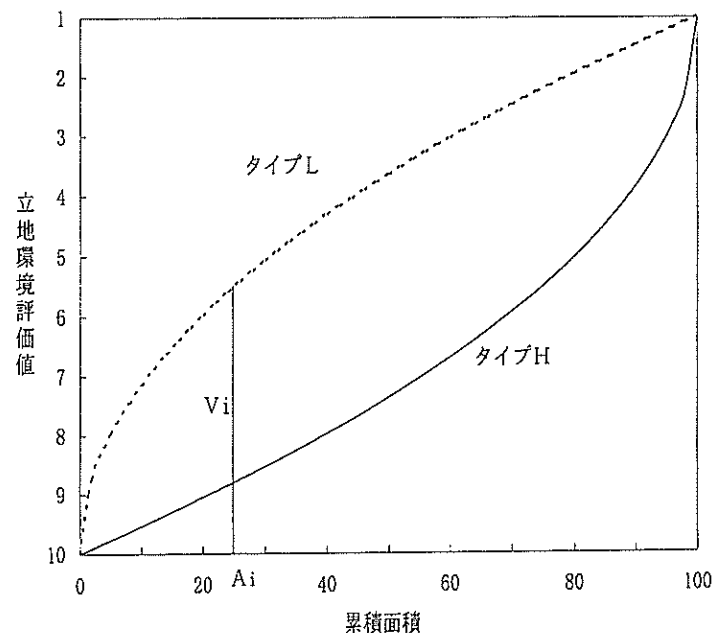
例えば，六甲山における自然保全機能のように，ある機能に対する社会的な

需要がその機能の供給量に比して高いものは住民のウェイト評価が高くなる。そこで、その機能については、立地環境評価値が相対的に低いメッシュも含めて、ウェイト評価値の高さに準じて大きな面積が配分されるべきである。

上記の方法で算出した結果（表－２）を見ると、六甲山では配分がウェイト評価値に大きく影響される傾向が見られた。すなわち、評価の高かった自然保全と洪水防止機能とに大きな面積が配分され、評価の低かった木材生産、水質保全とレク機能への配分が小さかった。

ただし、水供給はウェイト評価が高かったが、立地環境評価が低かったために配

分は小さかった。これに対し、宍粟郡では立地環境評価が大きく影響し、評価の高かった木材生産と水供給に大きな面積が配分され、評価の低かった水質保全と風致保全（景観とレク）の配分はゼロであった。



図－２ 緑資源の機能別評価－累積面積曲線

表－２ 緑資源の機能別面積配分

	木材	水供給	洪水	水質	崩壊	景観	レク	自然
六甲	4	8	96	23	35	31	4	72
宍粟	502	139	26	0	17	0	0	21

5) 機能類型区分

六甲山系及び宍粟郡の緑資源について、上記の機能別面積配分をもとに機能類型区分を行った。すなわち、最初に立地環境評価値、次いでウェイト評価値の高いメッシュに優先順位を与えたうえで、各メッシュの機能を順次選択していった。なお、得られた結果は次節でさらに高度な手法による修正がなされているので、図示は省略する。

第5章 緑資源の最適配置計画手法

1. 方 法

森林の利用区分（機能配置）は、森林の持つ諸機能間の比較や社会的需要等を考慮しつつ、森林が全体として機能を最大に発揮するよう行われるのが望ましい。加えて利用目的によっては、空間的にまとまっていることが機能発揮上や管理面から見て望ましいものや、異なる目的間で隣接が好ましくない場合もある。したがって、機能配置に際してはこれら空間的な位置関係の考慮も必要であろう。また、配置案を特に広域を対象として作成する場合、数理計画法を用いることが有効である。

こうした最適配置案の試算を、実際に兵庫県の2地域（六甲地域、宍粟地域）を対象に行ったので、そのモデルと計算手法、得られた結果について説明する。まずモデルは、Bos（1993）が国有林のゾーニング案作成に用いた0-1計画モデルに従い、以下のように定式化した。

配置の方法は、3次メッシュ（約1km四方）に区画された森林に評価対象機能のうち1つを配置することにした。機能配置の最大目標は森林が発揮する機能量の最大化であるから、これを目的関数の第1項とした。第2項は、値が高いほど配置がまとまっていることを表す“隣接効果”にウェイト（AW）を掛けたもので、このウェイトを変えることにより様々な配置案が得られる。機能間の係数（ $A_{k_1k_2}$ ）は、隣接させたい機能間には正の値を、遠ざけたい機能間には負の値を表-1のように仮定した。

制約式①は各メッシュに1つの機能のみを配置することを表す。②は社会的需要に対応して機能毎の配置メッシュ数を確保するためのもので、その下限値（ M_k ）は「2-(2)緑資源の機能別類型区分手法」で決定された配分数に若干余裕を持たせ、その98%分とした。

次の目的関数を最大化

$$\sum_{i=1}^{MS} \sum_{k=1}^{KN} (C_{ik} X_{ik}) + AW \times \sum_{i=1}^{MS} \sum_{i_2 > i_1}^{MS} \sum_{k_1=1}^{KN} \sum_{k_2=1}^{KN} (A_{k_1k_2} X_{i_1k_1} X_{i_2k_2} / D_{i_1i_2})$$

(注： $X_{i_1i_2}$ は $X_{i_1i_1}$ に隣接する8個の $X_{i_1i_1}$)

制約式

$$\textcircled{1} \quad \sum_{k=1}^{KN} X_{ik} = 1, \quad X_{ik} = 0 \text{ or } 1$$

$$\textcircled{2} \quad \sum_{i=1}^{MS} X_{ik} \geq M_k \quad (i=1 \sim MS, k=1 \sim KN)$$

X_{ik} : 決定変数 (メッシュ i に機能 k を配置するとき, $X_{ik}=1$)

C_{ik} : メッシュ i の機能 k の評価値

AW : 隣接効果のウェイト

$A_{k_1 k_2}$: 機能 k_1 と機能 k_2 の間の係数

D_{ij} : メッシュ i, j 間の距離 (メッシュの座標の差)

M_k : 機能 k に割り当てるメッシュ数の最低限

MS : 対象地域の全メッシュ数 (六甲273, 宍粟705)

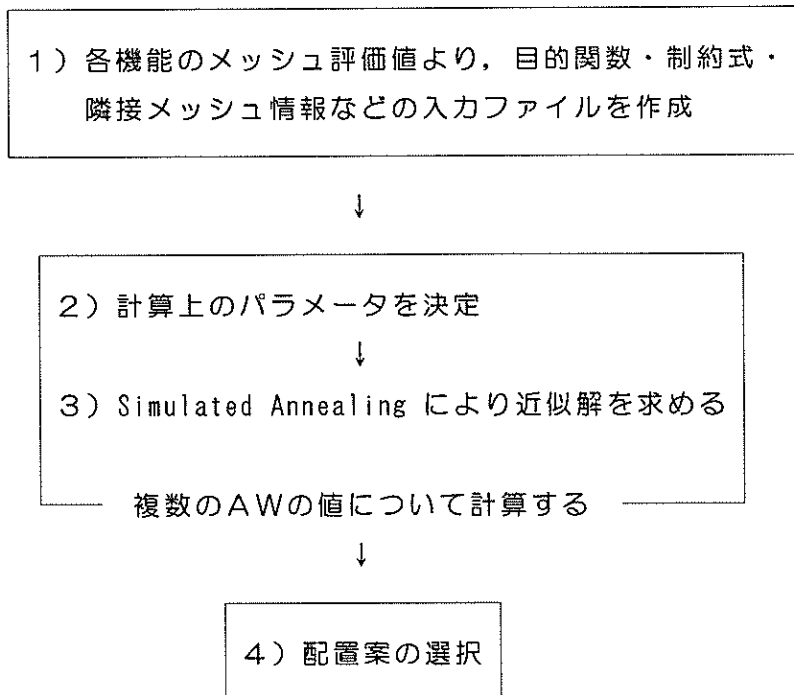
KN : 配置する機能数 (六甲8, 宍粟5)

機能	1	2	3	4	5	6	7	8
1:木材生産	0.5	0	-0.5	0	0	-0.5	-0.5	-1.0
2:水供給	0.5	-0.5	1.0	0	0	0	0	0
3:洪水防止	0	0	0.5	0	0	0	0	0
4:水質保全	0	0	0	0	0	0	0	0
5:土保全	0	0	0	0	0	0	0	0
6:景観保全	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0
7:保健休養	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0
8:自然保全	0	0	0	0	0	0	0	1.0

表-1

隣接効果における
機能間の係数 ($A_{k_1 k_2}$)

計算手法は、大きな0-1計画問題は厳密解を得るのが極めて困難なため、シミュレーティッド・アニーリングを用いて近似解を求めることとし、具体的には図-1の手順で進めた。



図－１ 配置案を得るまでの流れ

- 1) 各機能のメッシュ毎の評価値と対象メッシュの座標から，問題に与える目的関数，制約式，隣接メッシュの情報など，必要なファイルを作成する。
- 2) ここではシミュレーティッド・アニーリングのアルゴリズムとしてJohnson et al. (1989) の方法²⁾に依っている。その詳細は述べないが，事前に試行計算を行って各々のAW値毎に計算上のパラメータを決定しておくことが良い近似解をリーズナブルな時間内に得るために有効である。今回の問題では，制約式は目的関数に加えたペナルティとして扱っており，そのペナルティのウェイトが解の質と計算時間を大きく左右することが観察された。
- 3) 乱数の初期値を変えながら計算を行って多くの近似解を求める。今回は1つのAWにつき10通りの解を求めた。この2).3)を他のAW値についても行う。
- 4) 得られた解の目的関数値，機能の配置状況を検討して適当な案を選択する。

4)について，今回の計算結果に即して説明する。

AW の値を幾つか変えて計算した結果，AW=0の場合はバラバラだった配置が，AWを高めるとまとまりを持つ配置となった。その際の目的関数第1項と隣接効果との関係は図－2のようになり，AWが低い間は発揮する機能量を若干減少させるだけでまとまりがかなり良くなることがわかる。ただし，AWを上げすぎるとAWが低い時と配置状況が大きく異なる傾向が見られた。

例えば宍粟郡の場合、 $AW=0.15$ 以下の場合を対象地域の北部（氷ノ山）と東端（段ヶ峰）付近に配置されていた自然保全機能が、 $AW=0.2$ を超えると南部に固まって配置されるようになった。これは目的関数第2項の値が解を左右するようになり、元の配置を無視してでも配置がまとまるほうが目的関数値に寄与するためである。

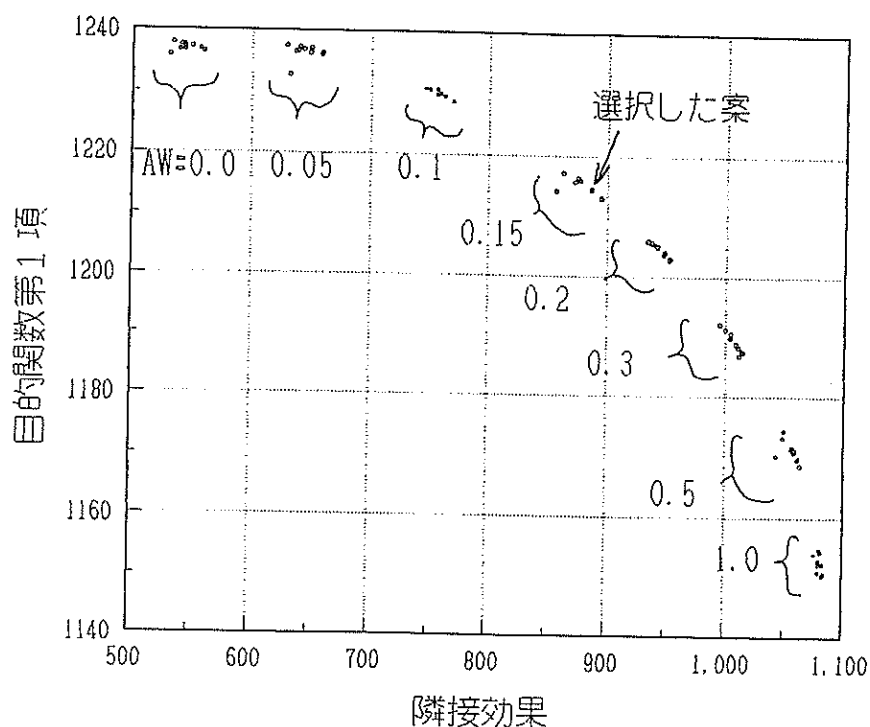


図-2 得られた解の分布 宍粟の場合

AW の値は発揮されるはずの機能と配置・管理上のメリットとのトレードオフを表すものであり、その適切な値の選択について明確な基準を得るには到っていないが、ここでは極めて常識的に $AW=0$ の際の配置状況とあまり異ならない範囲で配置案を選ぶこととした。

したがってその範囲内でなるべく高い AW 、六甲では $AW=0.1$ 、宍粟では $AW=0.15$ を適当と考え、各々の場合で10回の計算のうち最も目的関数値が高かった解を配置案として選択している（図-3、図-4）。

なお、1) の作業にはパソコン上で dBASEⅤ を用い、2).3) のシミュレーティッド・アニーリングの計算は FORTRAN77プログラムにより農林水産研究計算センターの ACOS 3700/8 および HP9000/720で行った。後者を用いた場合、1つの解を求めるのに要した時間は六甲で3分、宍粟で4～5分程度であった。

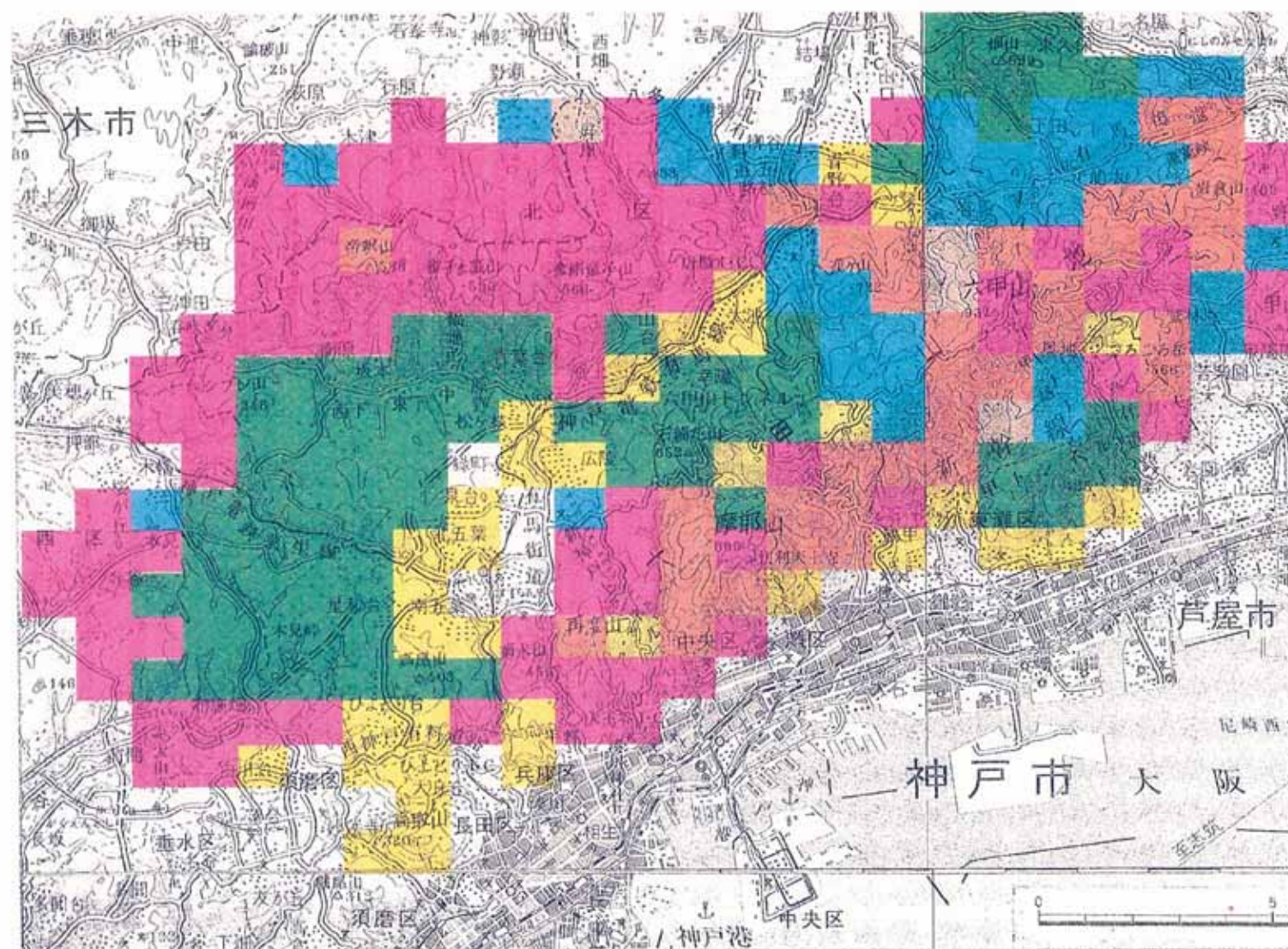
2. 参 考 文 献

- (1) Bos, J. (1993) Zoning in forest management:
A quadratic assignment problem solved by simulated annealing.
J. Environmental Management 37, 127-145.
- (2) Johnson, D. et al. (1989) Optimization by simulated annealing:
An experimental evaluation; Part I. Operations Research 37,
865-892.

144%

rk tamura un120a

図-3 六甲地域における緑資源の最適配置図。



第6章 関西地域における緑資源利用計画の提言

1. 方 法

緑資源の立地環境評価手法の開発と機能別類型区分、最適配置計画手法の確立の各課題で対象としている兵庫県の六甲地域、宍粟地域について、「緑資源の最適配置計画手法の確立」の課題による評価結果をもとに同地域の緑資源利用計画のあり方をまとめた。緑資源は、その機能から生産資源（木材生産）、環境資源（水源かん養、国土保全、快適生活環境）、文化資源（自然学習、レクリエーション、野生動植物の保護）にその価値から分類される。そこで、利用計画の作成に当たっては、「緑資源の最適配置計画手法の確立」の課題による8機能区分結果を生産資源（木材生産機能）、環境資源（水供給、洪水防止、水質保全、土保全機能）、文化資源（景観保全、保健休養、自然保全機能）の3分類に分けた（図－1，2）。

六甲地域では、機能別類型区分で収集された地域住民に対するアンケート調査結果によれば機能別の社会需要が環境資源：文化：生産＝7：3：1の割合であった。その背景には、緑資源の維持造成の歴史が古い六甲山地では、森林が有する風致景観維持機能、自然休養、生活環境保全あるいはレクリエーション利用に対する大きな期待が考えられる。そのため生産資源にはわずか3個のメッシュが該当し、大半の緑資源が環境、文化資源として利用されることが望ましいといえる。以下に、環境、文化資源に該当した箇所について述べる（図－1）。

環境資源：菊水山から北東にかけての六甲山地、帝釈山、金剛童子山の北部から逢ヶ山・岩倉山・甲山の地域。明石川上流の寺谷地域。

これらは、水土保全機能を果たすべき森林として評価された。特に六甲山麓の沿岸部は兵庫県でも特に人口密集地帯であり、その山麓は崩壊、地滑り危険箇所が多く、六甲山地の森林は、土砂流出防備保安林としても指定されている。このように六甲山地の南山麓は環境資源としての重要性が認められた。

文化資源：山田川上流域の石楠花山を含む吞吐ダム上流域の裏六甲地域。

明石川上流域から高尾山・高取山の地域。

六甲山山麓の東灘区金鳥山一体。

西宮市北部の畑山一体。

これらは、植生遷移・自然原生の程度からみて豊かな森林植生がみられ文化資源として重要であるとされる。

宍粟地域は、林業活動の盛んな地域であり、地域住民のアンケート調査によれば

社会需要が環境：文化：生産＝2：0.7：1であり、六甲地域と比べてその構造は異なる。

林業活動の盛んな宍粟地域は、図－2に示すように大半が生産資源としての機能発揮が期待されるが、特に環境、文化資源として重要な森林として評価された箇所は以下のとおりである。

環境資源：揖保川上流の波賀町北部、千種川上流の千種町北部、一宮町東部、山崎町南西部、安富町南部が水土保持としての利用が重要であることが認められた。これらの地域の森林は、水源かん養保安林にも指定され、西播地域を流れる千種川、揖保川の貴重な水源地域として従来、重要な役割を果たしてきたところであり、今後ともその機能発揮のために保全が望まれる。

文化資源：氷ノ山と一宮町の段が峰、波賀町の一部。

このように、宍粟地域の森林はその多くが林業生産のために重要な役割を果たすが、同時に水土保持のほか一部は、貴重な動植物生息の場として重要な役割の発揮のための保全計画が必要とされる。

ところで、兵庫県の森林に対する計画は、何れも森林の持つ公益的機能に着目した林分の整備、拡充を目指し、森林を山岳林と都市近郊林に分け、別々の思想で緑地としての整備を行うことを目的としている^{1) 2)}。本試案が、その参考となることを期待する。

2. データソース

使用したデータは、「緑資源の最適配置計画手法の確立」の課題による結果である。

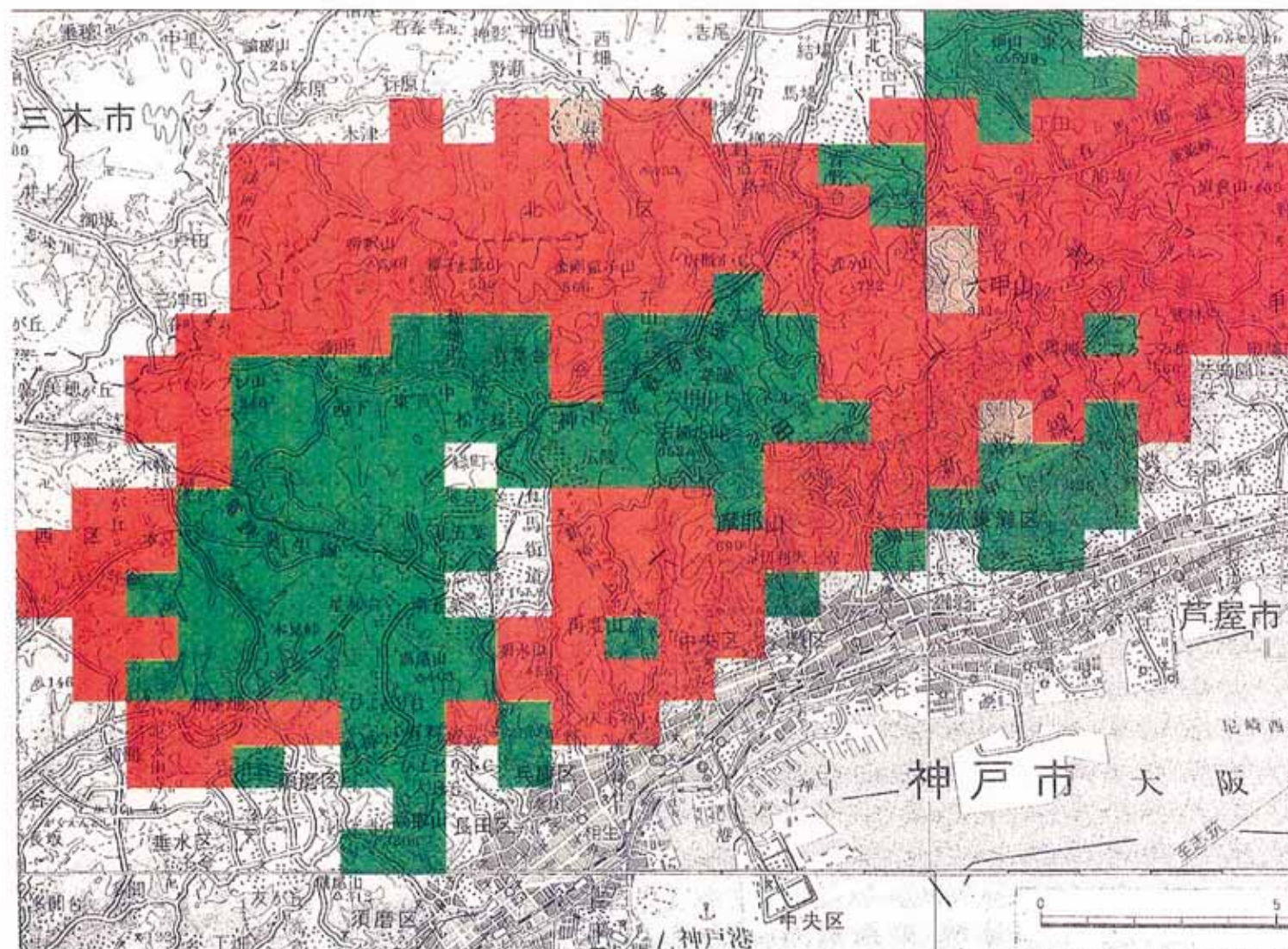
3. 参 考 文 献

- (1) 兵庫県：兵庫快適環境プラン　－兵庫県地域環境計画－，
兵庫県保健環境部環境局環境管理課，1990.
- (2) 兵庫県：「緑の総量確保推進計画」
兵庫県生活文化部さわやかな県土づくり推進室1991.

144%

rk teigen9405

図-1 六甲地域の緑資源機能別最適配置の提言。



- 0) no data
- 1) Seisan-shigen
- 2) Kankyo-shigen
- 3) Bunka-shigen

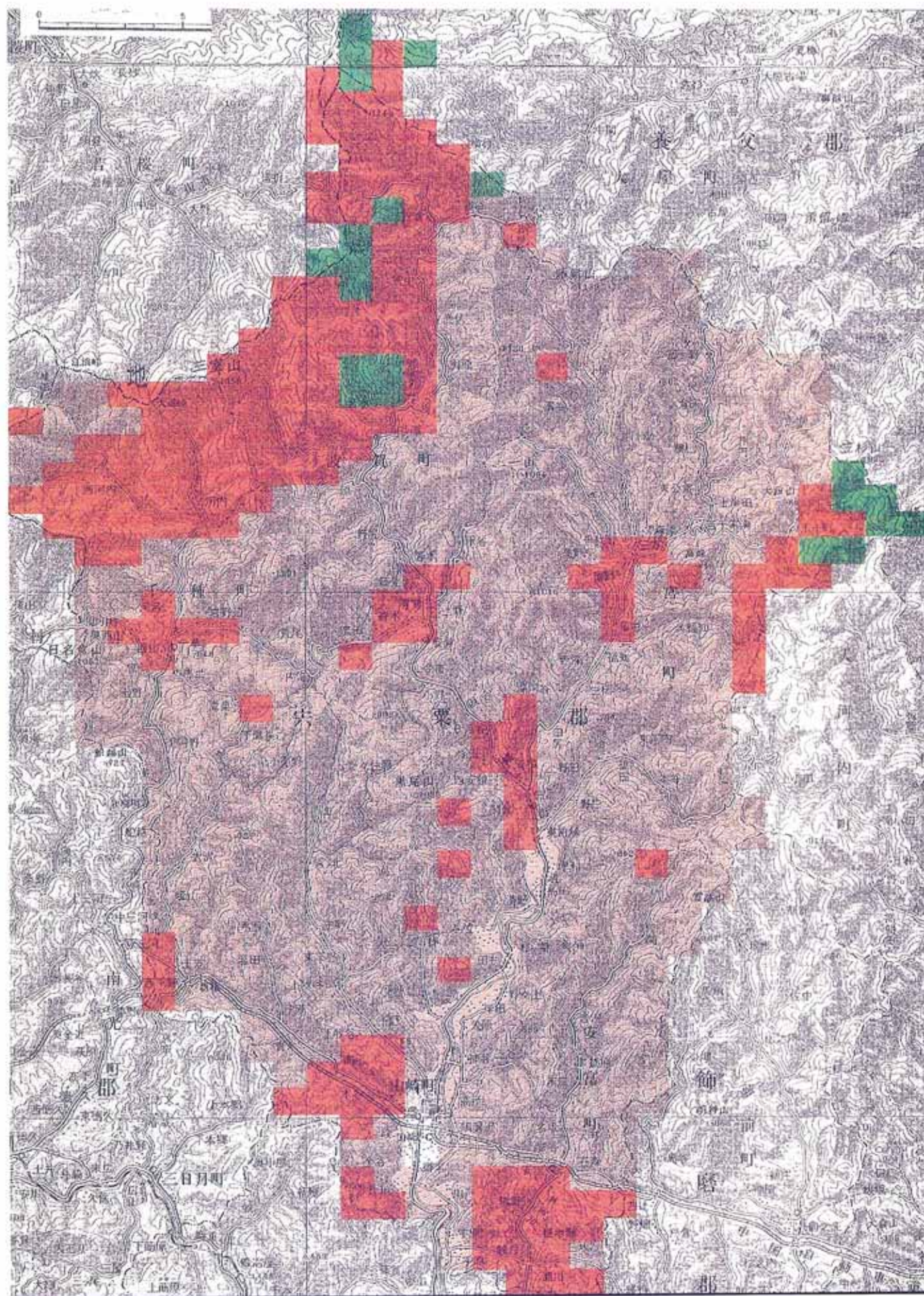


図-2 大阪地域の緑資源機能別最適配置の提言。

平成7年2月15日印刷

平成7年2月20日発行

緑資源の総合評価による最適配置計画手法の解説

発行所 農林水産省森林総合研究所 関西支所
〒612 京都市伏見区桃山町永井久太郎官有地
TEL (075) 611-1201

印刷 株式会社 洛陽
〒612 京都市伏見区横大路一本木町27-9
TEL (075) 621-6669(代)