

森林のモニタリングと環境の評価に関する研究

1998年度～2000年度（国補）

手塚 朗*1 熊川忠芳

要 旨

G I S（地理情報システム）処理装置を導入し、本県の地形・植生・気象・動物の分布等、森林の公益的機能に関わる環境資源情報をG I S上でデータベース化して、森林環境資源モニタリングシステムを試験的に構築した。さらに数値地図50mメッシュによるD T M（デジタル地形モデル）を用いて、G I S上で斜面方位・斜面傾斜・集水面積等、地形評価・水系解析を行うプログラムを開発し、林道線形に沿って様々な地形要素を抽出することで、林道が通過する地形を客観的に把握できるようになった。

また、鳳来町愛郷地内の森林整備等の治山事業実施予定地において、小流域毎に河川水のp HとE C（導電率）を継続的に測定した。その結果E Cの季節変動は非常に小さいことが分かった。さらに測定データをG I Sと連動させることで、測定値の変化をビジュアルに表示するプログラムの開発を行った。

I 目的

近年、森林の生態系や景観などに対する県民の関心の高まりを背景に、森林の資源管理に必要とされる森林情報として、これまでの木材としての物理量だけでなく、公益的機能に関わる環境資源情報を加えることが求められている。

一方、コンピュータソフトウェア技術の発展、コンピュータハードウェアの高性能化・大容量化などに伴い、地図などの地理的情報を電子的に扱うことのできるG I S（地理情報システム）と呼ばれる技術が急速に発達してきている。

本研究は、このG I S技術を用いて、森林の持つ環境資源情報に関わるモニタリングシステムを試験的に構築し、その利用の可能性を探るとともに、構築上の問題点などを明らかにしようとする

ものである。

II G I S処理装置の整備

本研究に着手した1998年時点では当センターにG I S処理装置は配備されておらず、G I Sをパソコンベースで運用することを前提に、1998年度中にモニタリングシステムを構築するのに必要とされるG I S処理装置の検討を行った。

1. ソフトウェア

パソコン用G I Sソフトウェアは各社から多くの種類が市販されているが、国や県の試験研究機関での導入・稼働実績等から以下の4種類のソフトウェアについて、①地形解析機能 ②三次元表示機能 ③ネットワーク解析機能 ④国土地理院数値地図読込機能、等について評価検討した。

Akira Tezuka, Tadayoshi Kumagawa : Environmental Change of Forest and Geographic Information System

*1 現農林水産部林務課

- ・ ArcView 3 (株)パスコ
- ・ MapInfo 三井造船システム技研(株)
- ・ S I S (株)インフォマティクス
- ・ PC-Mapping (株)マップコン

評価検討の結果、ArcView 3及びS I Sが所要の目的を達成する高い機能を有していると判断され、1999年度中に入札によりS I Sが導入された。

OSは Microsoft Windows98で、応用プログラムの開発言語としては Microsoft Visual Basic 5.0を用いた。

2. ハードウェア

(1) パーソナルコンピュータ (以下PC)

G I Sで空間関数を用いた複雑な演算処理を実行させると数日のCPUタイムを要する場合もあり、G I Sを稼働させるためには非常に高い性能を持つPCが必要となる。具体的には高速なCPU (中央演算処理装置)、大容量のメインメモリ (主記憶装置) やHDD (ハードディスク装置) を備え、CRT (画像表示装置) についても大型で高精細なものが要求される。

(2) スキャナ

紙地図などから位置情報を入力する手段としては、従来デジタイザが広く用いられてきたが、近年は大型のスキャナで読みとった画像をCRT上でトレースしたり、ラスタベクトル変換という手法でポリゴン等のベクトルデータに変換する方法が主流となってきている。このためスキャナについては1999年度中にA0サイズまで読み取り可能な白黒スキャナを導入した。

(3) プロッタ

G I Sでは特定の領域を色分けして塗りつぶす印刷出力が多用されることから、印刷装置であるプロッタについても従来のX-Y印字方式から、大型のインクジェット方式へと変化している。これを踏まえて1999年度中にA0サイズまでフルカラーで印刷出力可能な機種を導入した。

(4) カラープリンタ

G I Sの対象地域が小規模な面積であったり、部分的に印刷する場合には、運用経費が安く高速なカラーページプリンタを併用することが適当と考えられる。G I S上でアプリケーションプログラムを開発する際にも必要であり、1999年度中にA3サイズまでフルカラー出力が可能な機種を導入した。

当センターが導入したG I S処理装置の概要を表-1及び写真-1に示す。

表-1 導入したG I S処理装置の概要

ソフトウェア	(株)インフォマティクス S I S 5.0 Microsoft Visual Basic 5.0
ハードウェア	
・コンピュータ	CPU celeron 850MHz (FSB100MHz) メインメモリ 512MB 補助記憶装置 (HDD) 20GB 表示装置 19インチ CRT バックアップ装置 8.4GB の HDD
・スキャナ	グラフィック(株) TS7000 (A0白黒)
・プロッタ	グラフィック(株) JC8000 (A0カラー)
・ページプリンタ	リコー(株) IPSiO color5000 (A3カラー)



写真-1 G I S処理装置

PCについては、CPUの交換やHDDの容量アップ等により、できる限る高速・大容量の機械となるように努めたが、大面積のラスタ地図等

を表示印刷したり、県下全体のGISデータを分析集計するような処理の場合は、リソースの不足等が原因で処理が不可能になる場合もあり、パソコンによるGIS処理はまだまだ発展途上にあると考えられる。こうした状況は今後ソフトウェアのバージョンアップ等で徐々に改善されものと期待される。

Ⅲ 森林環境資源情報モニタリングシステムの構築

国の各機関（国土地理院、環境庁等）や県の各部局が保有している地形・気象・動植物の分布等、森林の公益的機能に関わる環境資源情報を収集し、それらの情報が地理的にマッピングできるかなどGIS化の検討を行い、可能なものから順次SIS上でGISデータのオーバーレイを構築した。主要なオーバーレイについて概説する。

1. ラスターデータ

(1) 国土地理院20万分の1地勢図

国土地理院が発行する数値地図200000（地図画像）CD-ROM版を用い、SISのラバーシート変換機能により線形パッチ法で図幅ごとにマッピングを行った。作成したオーバーレイはインデックスデータセットとして読み込み、主に背景図として使用される。カラーとグレースケール（白黒多階調）の2種類を県下全域作成した。

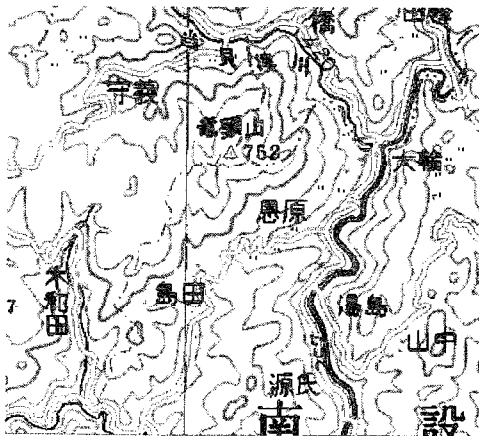


図-1 国土地理院20万分の1地勢図の例

(2) 国土地理院5万分の1地形図

国土地理院が発行する5万分の1地形図（紙地図）をスキャナTS7000で読み取り、TIFF形式の画像データとした。さらにSISのラバーシート変換機能により線形パッチ法で図幅ごとにマッピングを行ってオーバーレイ化した。作成したオーバーレイをインデックスデータセットとして読み込むために、SISのタイル出力機能を用いて2次メッシュ単位に分割した。スキャナの制約から白黒データのみを県下全域作成した。

(3) 国土地理院2万5千分の1地形図

国土地理院が発行する数値地図25000（地図画像）CD-ROM版を用い、SIS付属の専用変換ツールを用いて2次メッシュのインデックスオーバーレイを作成した。渥美半島付近の不規則な形状をした図幅については、ツールを用いることができないため、画像ソフトPaint Shop Proを用いて複数の図幅から画像を合成した後、SISのラバーシート変換機能により線形パッチ法でマッピングを行った。カラーとグレースケール及び白黒2値の3種類を県下全域作成した。このオーバーレイも主に背景図として用いられる。

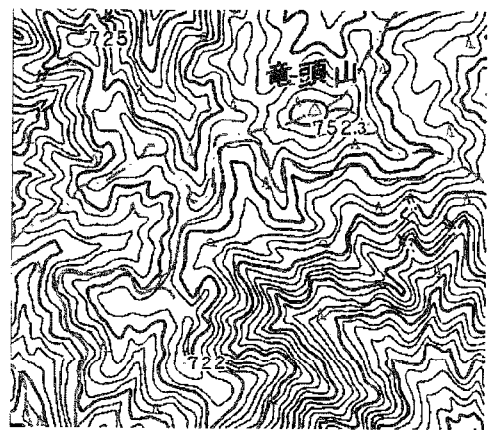


図-2 国土地理院2万5千分の1地形図の例

(4) 森林基本図及び森林計画図

山間地の森林地域においては、国土地理院は2万5千分の1より小縮尺の地形図を発行していないため、より精密な地形図として森林基本図をオ

オーバーレイ化した。森林基本図は市町村を単位で作成されているためオーバーレイも市町村単位とし、鳳来町の全26図幅についてスキャナ TS7000で読み取り、TIFF形式の画像データとした。さらにSISのラバーシート変換機能により線形パッチ法で図幅ごとにマッピングを行ってオーバーレイ化した。1枚の図幅のデータ量が非常に大きくPCに対する負荷が大きいため、SISのタイトル出力機能を用いて平面直角座標系・第VII系で1km タイルに分割した。各タイルは正方形のインデックスデータセットとして読み込み、主に背景図として用いられる。

森林計画図についても同じ手法で鳳来町の全26図幅について1km タイルのインデックスオーバーレイを作成した。

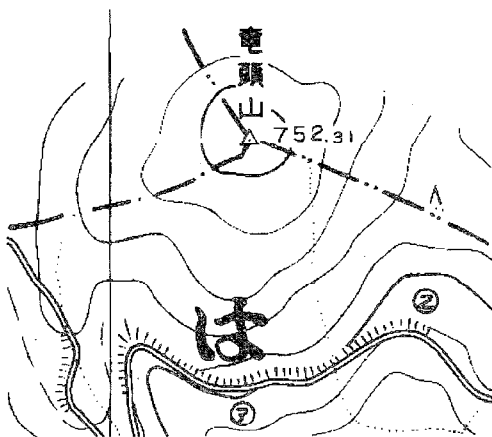


図-3 森林計画図の例

2. ベクトルデータ

(1) 植生図

環境庁が1983～1987年度に全国で実施した自然環境保全基礎調査で作成された現存植生図等の図面は平成9年3月に環境庁自然保護局から自然環境情報GISとしてCD-ROM化され、研究者向けに配布されている。このGISデータはArcView対応のデータフォーマットで作成されているため、SISのshapeファイル変換プラグインモジュールを用いて、SISの標準データ形式

であるBDSファイルに変換した。愛知県は約3万1千個のポリゴンデータから構成され、各ポリゴンにはユーザー属性として植生番号や植生自然度等のデータを付加した。このオーバーレイによって県内各所の植生をビジュアルに把握することができる。

(2) 林相図

1.の(4)で作成した鳳来町森林計画図のうち、33～65林班(以下、モデル地域)について林相界のデータをポリゴン化した。面積は2220haで林相数は6220である。この区域は2000年度から治山事業で本数調整伐等の森林整備に取り組んでおり、森林簿の情報を試験的にGIS化するのに適していると判断して作業を行った。

愛知県の地域森林計画の編成作業は大型電算機を用いて処理され、県下の森林資源量等が把握されているが、この森林簿データをパソコンで扱える形式に変換したのち、鳳来町33～65林班のレコードを抽出し、1林班ごとにGIS上で所在を確認しながらマウスで境界をトレースしたのちポリゴンに変換した。作成したポリゴンにはデータベースとの連結用のインデックス番号を付加し、森林簿のレコードに新たなフィールドを設けて入力した。データベースはMicrosoft Access97を用い、SISとはDAO接続で連結を行った。

ポリゴンデータはエリアデータに比較してファイルサイズが小さくなるものの、PCに対する負荷は極めて大きく、SISで一度に扱えるデータ量は5千ポリゴン程度が実用上の上限と考えられた。ポリゴン数が増えるに従ってPCのレスポンスは悪化して作業に耐えられなくなる。ポリゴンをエリアに変換することでレスポンスは向上するが、エリアアイテムは分割や結合、修正といった作業が難しく採用しがたい。鳳来町の全林相数は約7万、愛知県の全林相数は約100万にもものぼり、林相界をSIS上で単純にポリゴンデータで作成

するのは難しいことが判明した。

今回モデル地域として試験的に作成した鳳来町33~65林班についてはポリゴンと森林簿を連結させて、森林簿の情報を自由に取り出し、ビジュアルに表示することが可能である。また、森林簿を連結した状態で林班番号や小班名をキーとしてポリゴンの結合を行うことで、林班図、小班図のオーバーレイも併せて作成している。森林簿においては水源かん養機能など森林の機能配置は小班ごとにデータが与えられているので、これらのオーバーレイを用いることで森林機能配置図と同等の図面を表示印刷することができる。

(3) 表層地質図

愛知県新城管内地質図をスキャナ TS7000で読み取り、S I Sのラバーシート変換機能により線形フィット法を用いてマッピングを行った。線形フィット法で用いる3つの調整点には地質図周辺の三角点を用いた。その後、地質境界線をマウスでトレースしポリゴンデータに変換、さらに地質コードをユーザー属性として付加した。ポリゴン数は2725である。作成上の問題点としては、S I Sではラバーシート変換する元画像の投影法を指定できないこと、紙地図の伸縮等の要因によるゆがみの問題などにより、調整点が3つのみの線形フィット法では十分な位置精度が得られないことがあげられる。逆二乗法を用いて調整点の数を増やすことで位置精度は上げられるはずだが、使用したS I Sのバージョンではうまく動作しなかった。

(4) 動物の分布図

「愛知の自然環境1984」に分布図が掲載されている哺乳類17種、鳥類32種、は虫類1種、両生類5種について分布図のGIS化を行った。本報告書では鳥類の分布は2次メッシュを4分割した5倍地域メッシュ単位で与えられ、その他の動物については分布域を曲線で囲む方式で与えられてい

る。このため鳥類についてはエリアからなるメッシュデータで、その他の動物についてはポリゴンデータとしてオーバーレイを作成した。

作成方法は、まず分布図を拡大コピーした後、S I Sのラバーシート変換機能により線形フィット法を用いて分布図をラスターデータとしてマッピングする。さらにポリゴン型分布図については分布境界線をマウスでトレースしてポリゴンデータに変換し、分布の有無をユーザー属性として付加した。メッシュ型の分布図についてはあらかじめ作成しておいた5倍地域メッシュのオーバーレイにS I S上で重ね合わせ、分布や繁殖の有無の情報をメッシュ単位でユーザー属性として付加した。

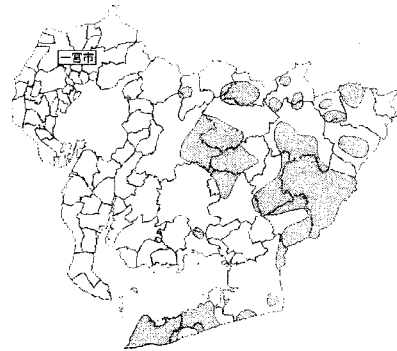


図-4 アナグマの分布

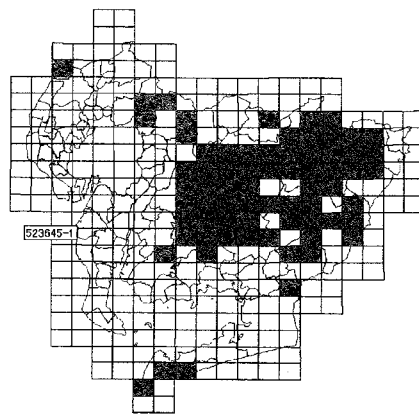


図-5 ヤマセミの分布

(5) 気象庁メッシュ統計値

気象庁監修、(財)気象業務支援センター発行の気象庁観測平年値 CD-ROM には全国の降水量・気温・最深積雪の平年値が3次メッシュ毎に計

算されてテキスト形式で収められている。これらのデータのうち愛知県に該当する部分のみを抽出する Basic プログラムを作成した。さらにあらかじめ S I S で作成しておいた 3 次メッシュ (約 1 km 四方) のエリア・オーバーレイに 3 次メッシュ番号をインデックスとして、各種気象データをユーザー属性として付加した。このオーバーレイによって県内各所の降水量や気温の平年値をビジュアルに把握することができる。

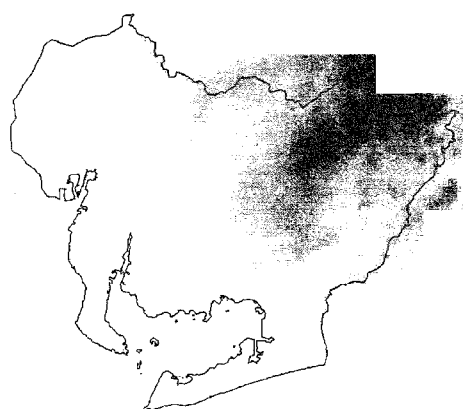


図-4 年平均気温による濃淡図

以上、構築した各種オーバーレイは目的に応じて S I S に読み込み、スケールフィルターを用いて縮尺ごとに表示するオーバーレイを切り替えたり、オーバーレイ上のポリゴン等のアイテムに設定したユーザー属性の値や外部接続したデータベースの値に応じて描いた主題図を重ね合わせることで、視覚に訴える画面や印刷を自由に作り出すことができる。

今回作成したオーバーレイの元になった各種データは数年に 1 度ずつ最新の調査に基づき更新されていくが、そのたびに G I S 化を行うことで、G I S 上で経年変化の様子を解析することが可能となる。今回のデータ構築はそうした森林をとりまく様々な環境資源情報をモニタリングするスタート地点を整備したと言えよう。

IV 林道・治山工法の評価

1. 地形評価と水系解析

G I S 上で D T M (デジタル地形モデル)⁶⁾を用いて、モデル地域 (鳳来町 33~65 林班) の地形評価・水系解析を行った。

D T M の元になる標高データは国土地理院発行の数値地図 50m メッシュ (標高) CD-ROM を用い、この標高値から斜面方位 (8 方位)、斜面傾斜 (角度)、集水面積 (ha) を算出する Basic プログラムを開発した。計算は 5 倍地域メッシュ毎に行い、S I S 上に 50m メッシュに対応する緯度 (南北) 方向で 1.5 秒、経度 (東西) 方向で 2.25 秒の長方形エリアからなるオーバーレイを 5 倍地域メッシュ単位 (構成要素は縦横 100×100 のマトリックス) で作成した。そののちエリアアイテムのアイテム番号をインデックスとして、斜面方位、斜面傾斜、集水面積の計算値をユーザー属性として付加した。作業はモデル地域を含む 2 次メッシュ 6 面に対して行い、最終的に 6 面を結合して 1 枚のオーバーレイとした。

このオーバーレイを用いることで、従来は等高線から個別に読みとっていた流域の標高値の分布状況、斜面方位や斜面傾斜の分布状況、谷密度等水系の概要が視覚的に的確に把握できるようになった。



図-5 斜面傾斜による濃淡図

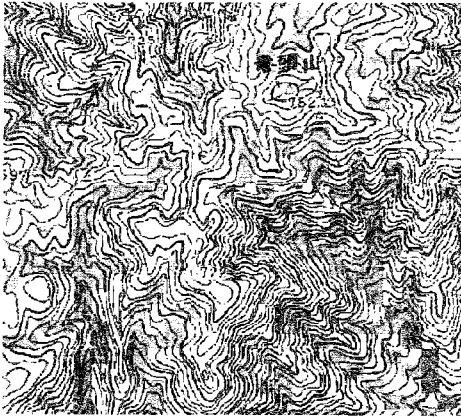


図-6 1 ha以上の集水面積を持つ谷の分布図

2. 林道線形の評価

GISを活用した応用プログラムとして1.の計算結果及びTIN(不定形三角形ネットワーク)を用いて林道の線形に沿った地形評価を行うGisLinkプログラムをVisual Basicで作成した。

TINの作成は前述の結合した6面の2次メッシュに対してモデル地域である鳳来町33~65林班内のメッシュのみをオーバーレイローカスを定義して取り出し、さらにSISのTIN生成機能を用いて行った。この作業には数時間という多大なCPUタイムを要するが、50mメッシュをSISに直接読み込んで、グリッドからTINを生成するよりは高速と言える。試した限りでは後者の方法では数日間計算させても計算が終了せず、正確なTINの作成が行えない。SIS側の計算アルゴリズムの改善が必要と考えられる。

SISにはTINを用いて任意の地点での標高値を求める空間関数Tin(alias\$)が備わっており、今回はVisual BasicでSISと通信しながらプログラムを作動させるGisLinkという手法を用いた。

プログラムの実行は、まず林道線形を始点から終点へ一筆書きの要領でSIS上に入力する。その後GisLinkのプログラムを実行した状態で林道線形をスナップすると林道線形に沿って一定間隔

ごとに縦断面図、斜面傾斜図(最大傾斜方向の斜面傾斜角度)、斜面方位図(最大傾斜方向の斜面方位)、集水面積図(林道を横切る沢の集水面積)、横断面図(林道線形に対して直角方向)が計算され画面出力される。これらはSISの印刷機能を用いてプリンタやプロッタへ出力することも可能である。

鳳来町の愛郷本線についてプログラムを実行させた印刷出力の結果を図-7~11に示した。縦断面図及び横断面図は100m間隔で、その他の図面は50m間隔で計算している。

本プログラムにより林道線形が通過する場所の地形等の要素を線形に沿って的確に把握することができ、新規的林道路線を計画する際などの事前評価に役立てることができる。また、本プログラムを更に発展させることで、計画路線の土工量などを把握し、建設費用を複数の路線で比較検討したりするのに応用できると考えられる。

今回は市販されている50mメッシュの数値地図を用いたため直接林道の設計に利用することは精度の面で難しいと思われたが、将来より精度の高い数値地図が手に入るようになれば、DTM上で林道線形を決定したり、コンピュータによる自動設計が可能になるものと期待される。

3. 河川水質のモニタリング

モデル地域(鳳来町33~65林班)内において、小流域ごとに河川水を定期的に採取し、現地でpH値とEC値を継続的に測定する調査点を設定した。調査点は6カ所、測定頻度は10日に1回程度とした。測定に用いた機器はHORIBA B-211及びB-173で、機器の測定部に直接河川水を採取し3回の測定値を平均した。

GISを用いて作成した流域の概況を図-12に示す。No.3調査点での集水面積はNo.4,5,6調査点での集水面積を合計した38.4haである。

pHとECの測定結果を図-13,14に示す。pHは同一調査点でも調査日ごとのばらつきが大きいが、概ねpH7からpH8の間に収まっており、季節的な傾向は特に無いように思われる。それに対してEC値は小流域ごとに見ると年間を通じて大きな変動は無いのに対して、小流域ごとの差が明瞭に現れた。この結果からはEC値が小流域ごとに固有の値を持っているように見受けられる。

pHとECの測定結果をGisLinkプログラムを用い、測定値で流域を色分けしてアニメーション風に測定順に表示するプログラムを開発した。今回の測定では測定値の季節的な変化がはっきりしなかったが、こうしたプログラムによって、森林の状況をモニタリングして得られた各種データをビジュアルに把握することができる(図-15)。

今後、河川水質を継続して測定することで、流域内で実施された本数調整伐等の森林整備が、河川水のpH値やEC値に及ぼす影響の程度を知ることができる。

V まとめ

森林に関する様々な情報は、その多くが従前から地図の形で作られているため、情報の集積や分析にGISは非常に有効な道具である。しかし愛知県全体といった広い面積をGISで扱うには、現在のPCではまだまだ能力が不足する上、データの入力にも膨大な時間と作業量が必要とされる。

また、GisLinkを用いた応用プログラムに関しては、GISの用途を拡大するほか、作業手順の自動化に大いに役立つ反面、プログラミングが難解であったり実行速度が遅いという欠点もある。

さらにGISプログラムそのものに関しても、複雑なソフトウェアであるためバグが残っていたり、各種処理に関してもマニュアル通りには動作しない面もあって、試行錯誤の連続であった。動

作不良の原因には周辺機器のドライバソフトのバグである場合もあり、対処するのは容易ではない。

このように様々な課題が依然としてあるものの、GISは森林に関する様々な環境資源情報を一元的に扱い、ビジュアルな万人に分かりやすい形で示すことができることが明らかになった。こうした森林の持つ多面的な機能を数量化する手法の開発も求められており、その際にGISは有効な道具となると期待されている。そのためにも今後ともGISに関する様々なノウハウを蓄積するための試験研究が継続して行われる必要がある。

VI 参考文献

- (1) 愛知県(1984) 愛知県の自然環境、278pp
- (2) ㈱インフォマティクス(1999) S I S ユーザーズマニュアル MapModeller、820pp
- (3) ㈱インフォマティクス(1999) S I S プログラマーズマニュアル、766pp
- (4) 環境庁(1997) 都道府県別メッシュマップ23愛知県
- (5) 木平勇吉ほか(1998) 森林GIS入門、100pp、(社)日本林業技術協会、東京
- (6) 建設省国土地理院(1998) 数値地図ユーザーズガイド、471pp、(財)日本地図センター、東京
- (7) 竹内和彦・恒川篤史(1996) 環境資源と情報システム、219pp、古今書院、東京
- (8) マイクロソフト㈱(1998) Microsoft Visual Basic 5.0 プログラミングガイド、904pp
- (9) マイクロソフト㈱(1998) Microsoft Visual Basic 5.0 コンポーネントツールガイド、766pp
- (10) 山と地図のフォーラム(1997) パソコンで楽しむ山と地図、239pp、実業之日本社、東京

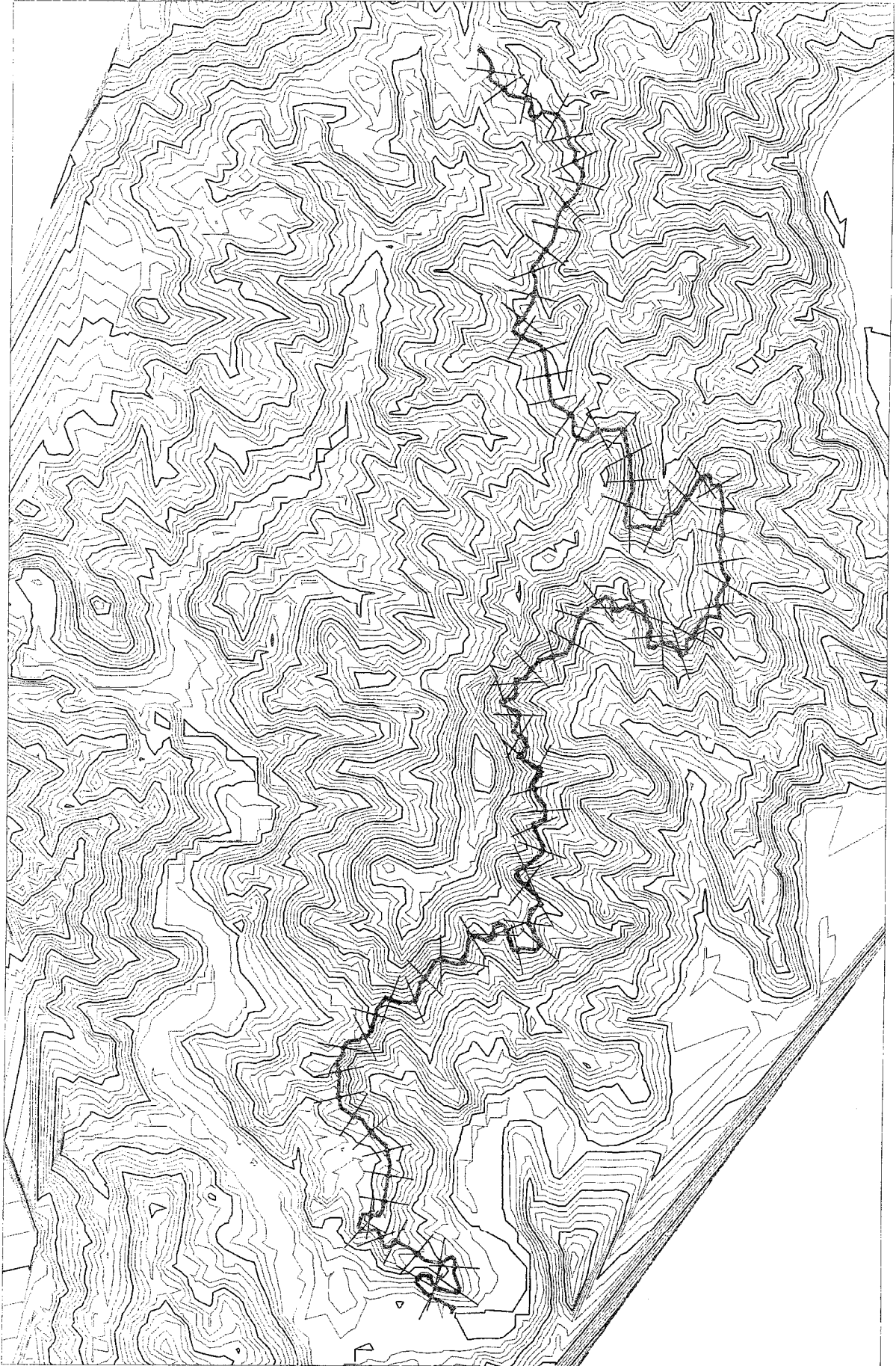


図-7 TINから描画した等高線主題図と愛郷本線の線形

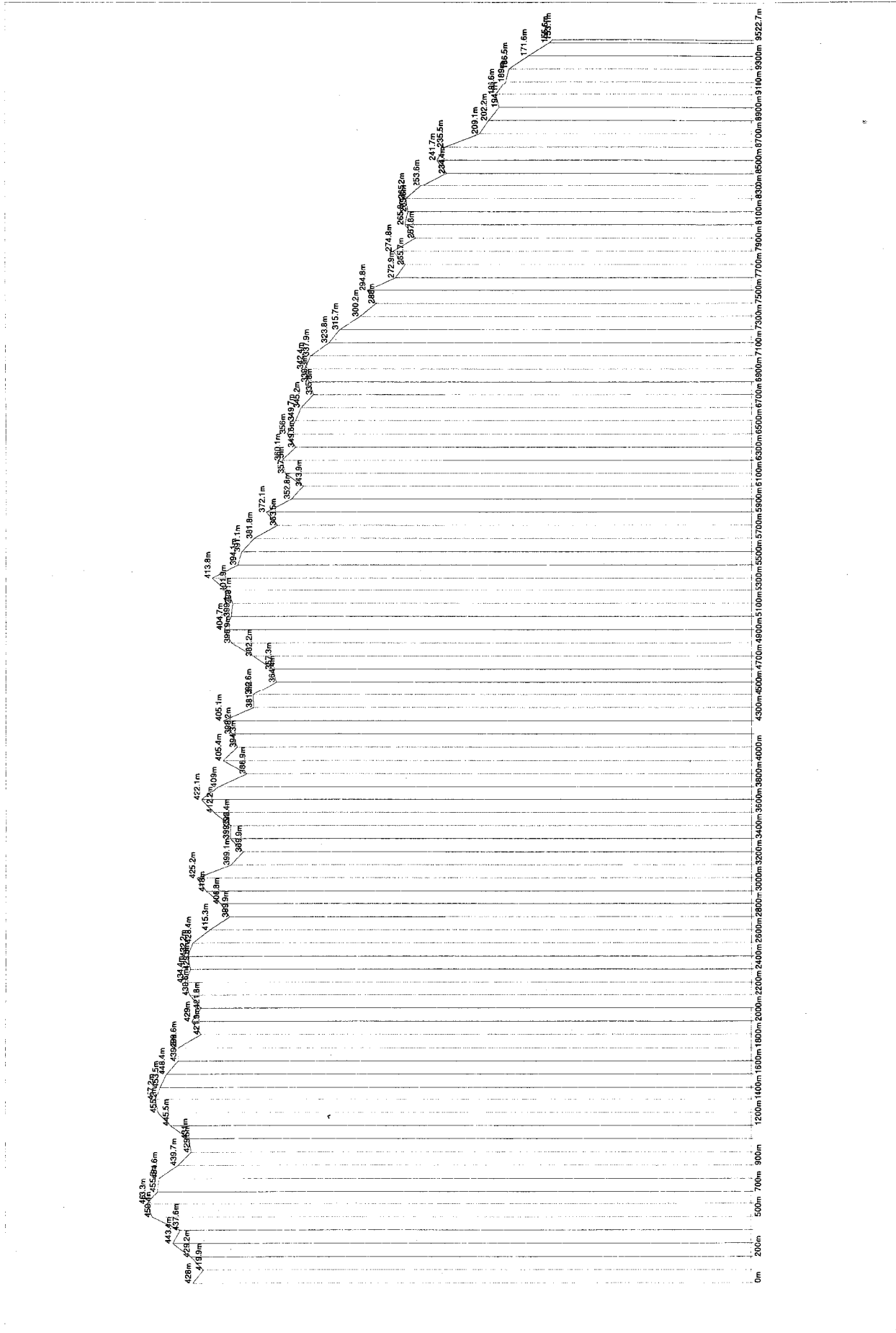
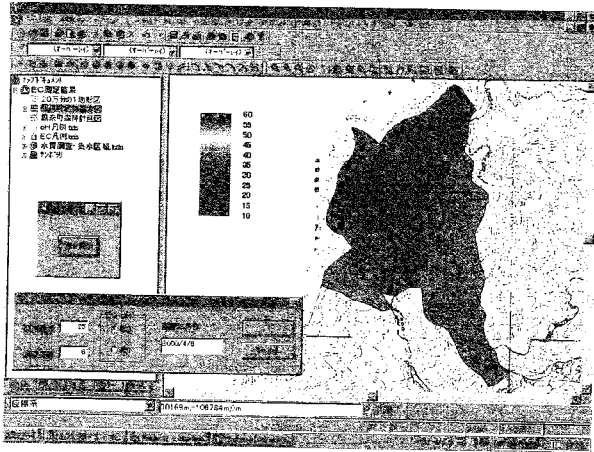
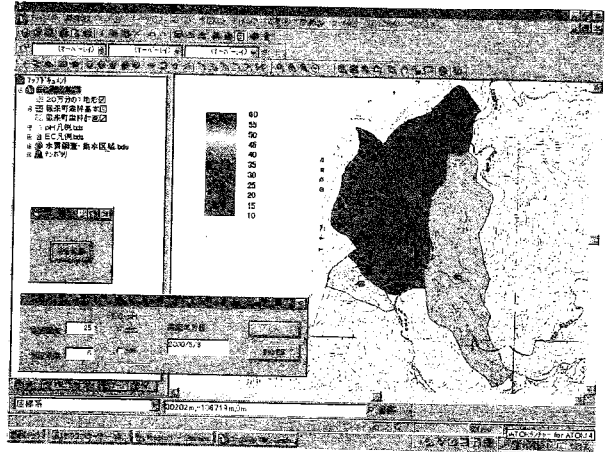


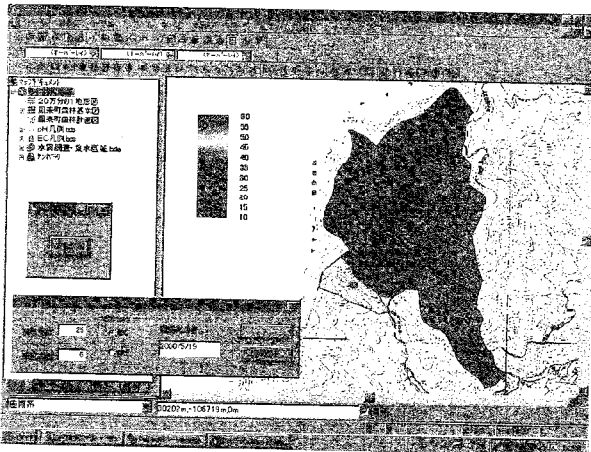
図-8 愛郷本線の縦断面図 (100m間隔) - 66 -



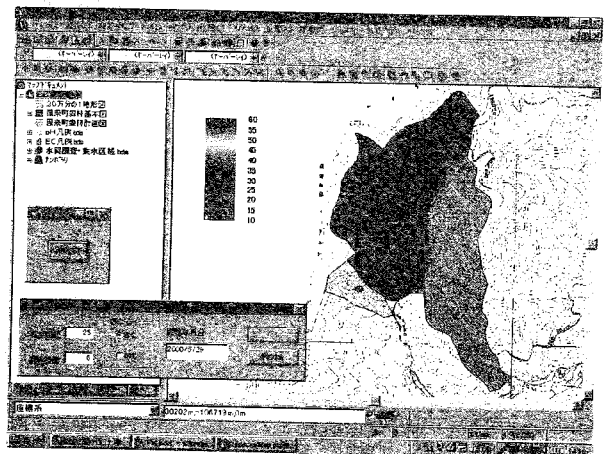
EC(2000年4月8日)



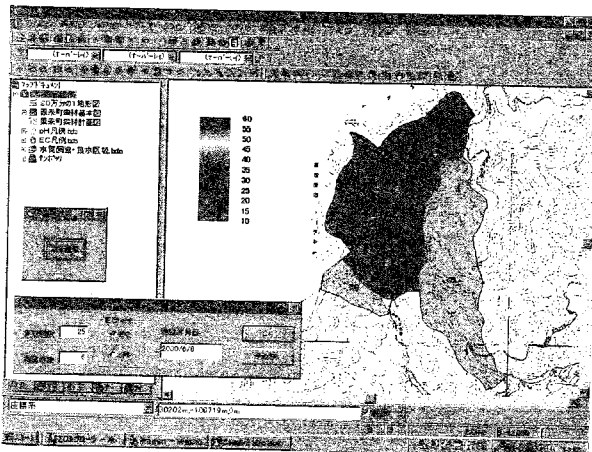
EC(2000年5月8日)



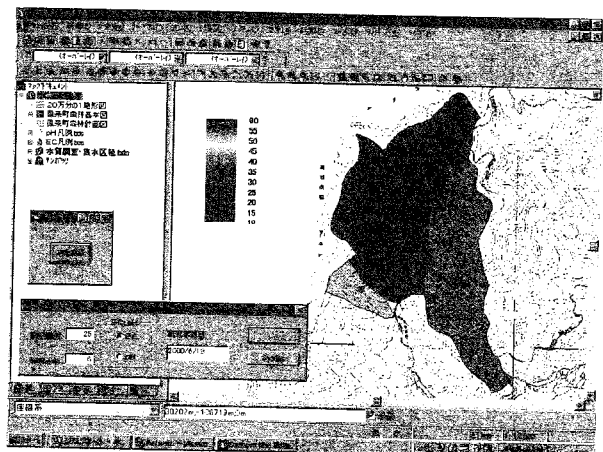
EC(2000年5月19日)



EC(2000年5月29日)



EC(2000年6月8日)



EC(2000年6月19日)

図-15 EC値の年変化を表示する GisLink プログラム

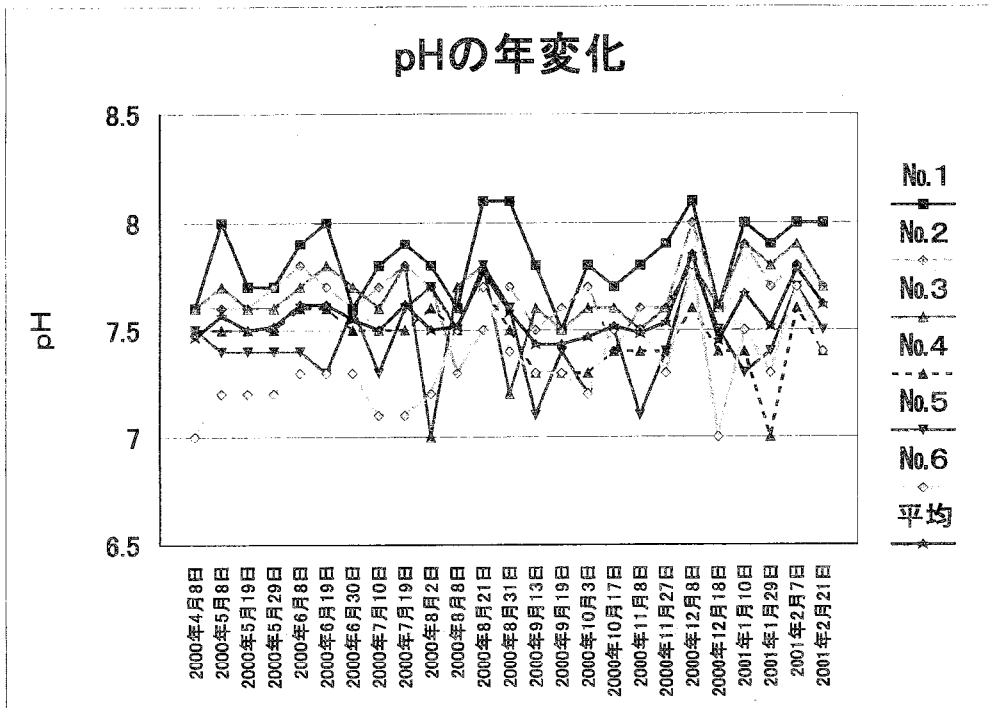


図-13 pHの測定結果

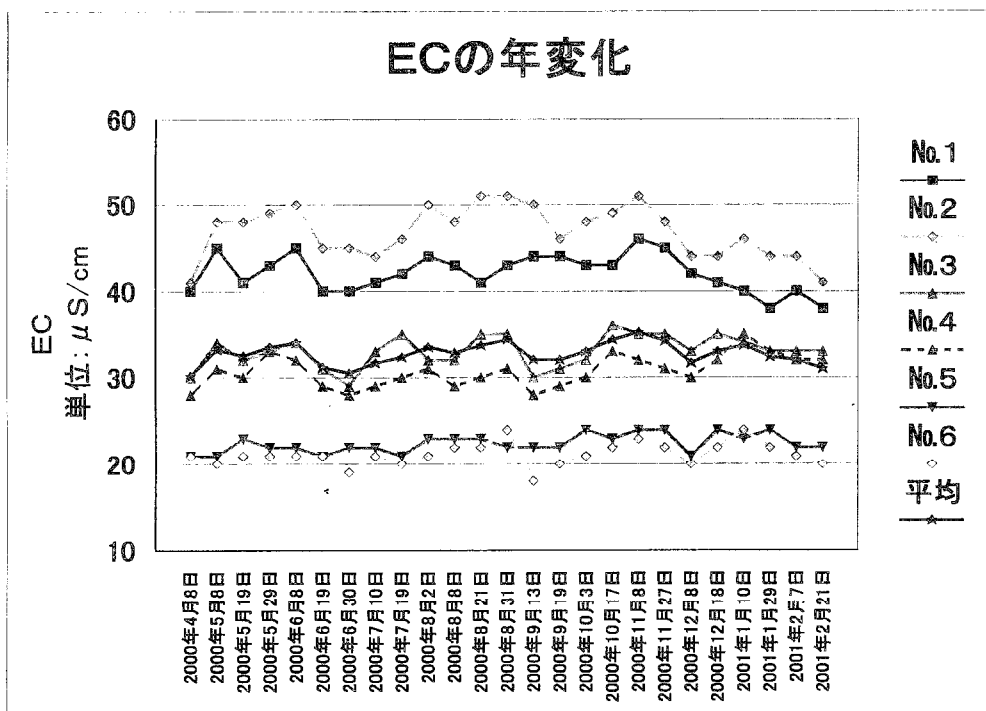


図-14 ECの測定結果

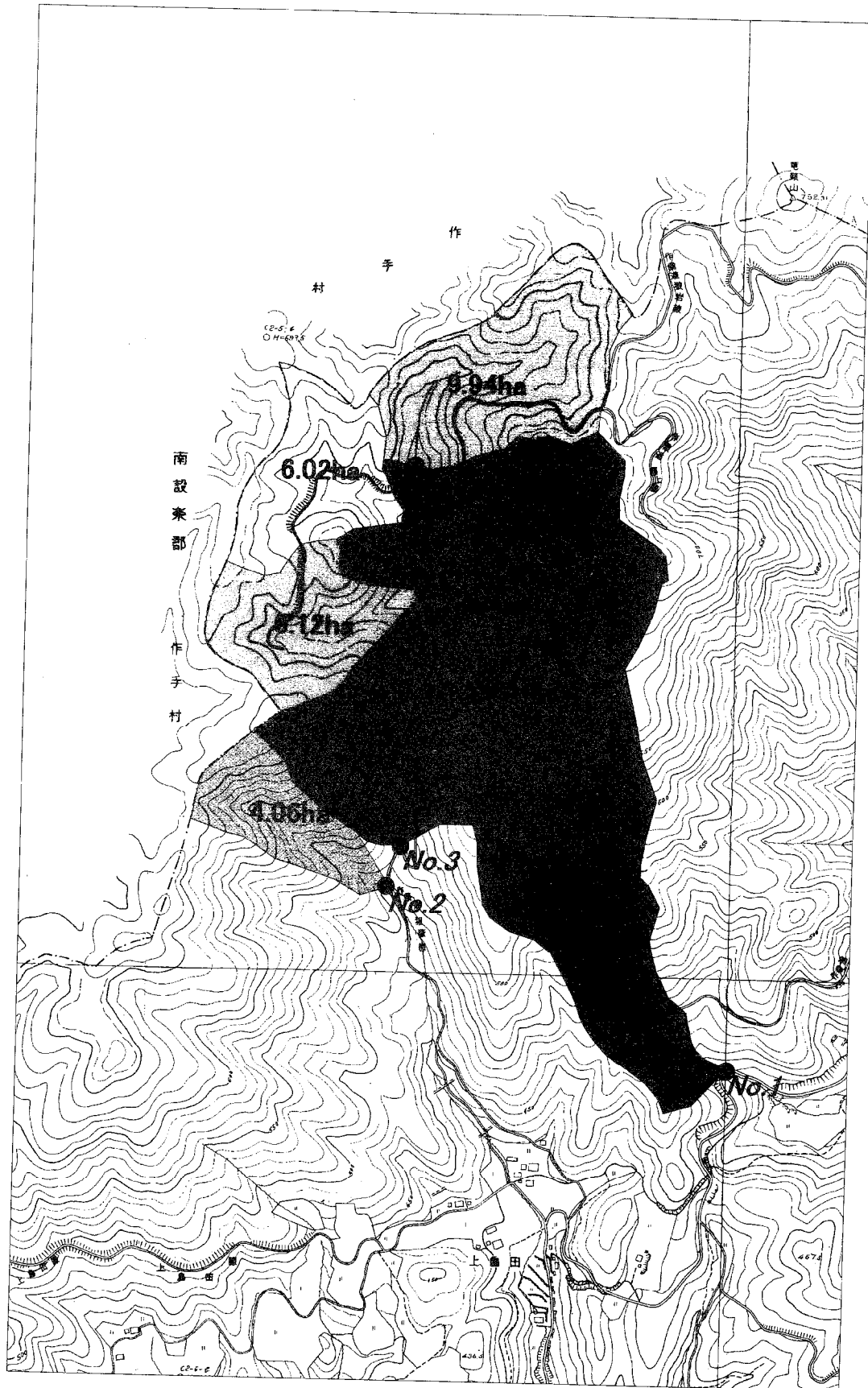


図-12 河川水質をモニタリングした小流域と調査点

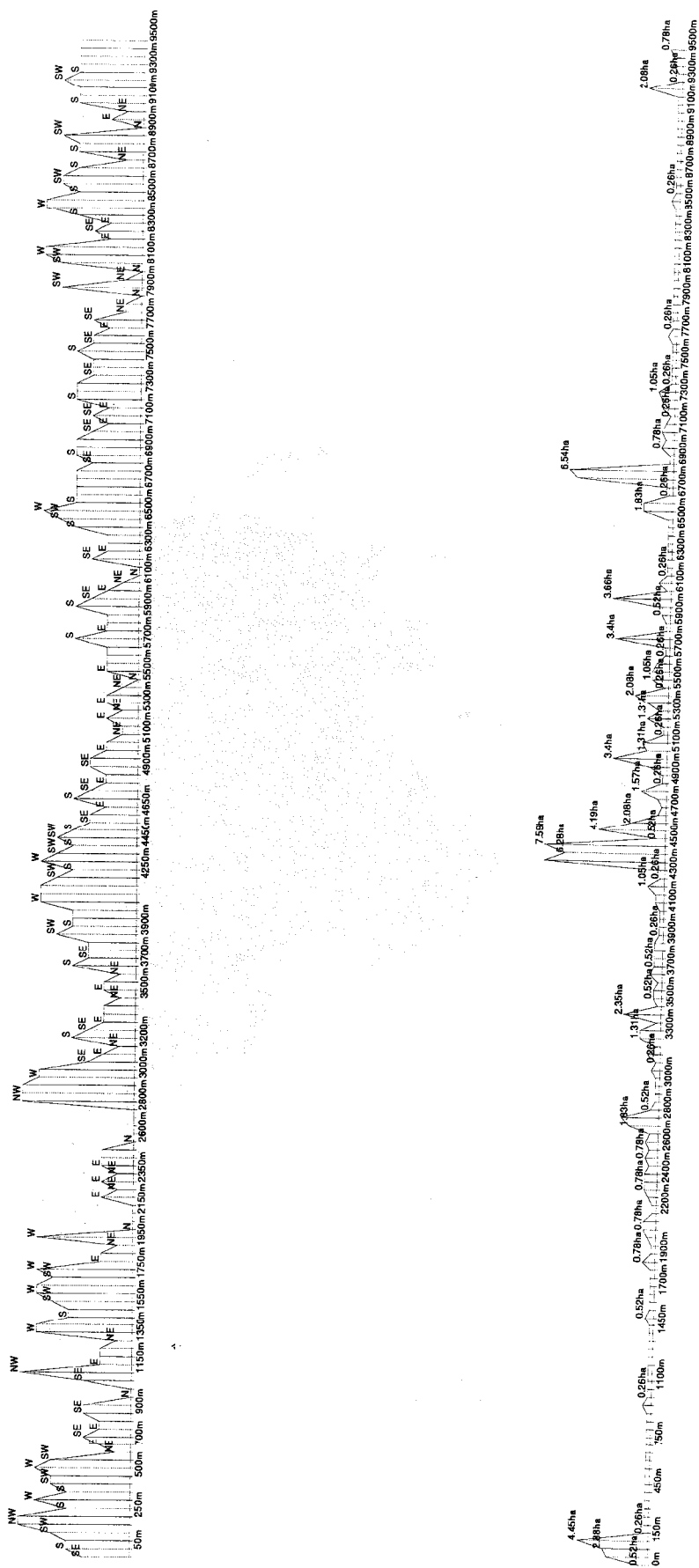
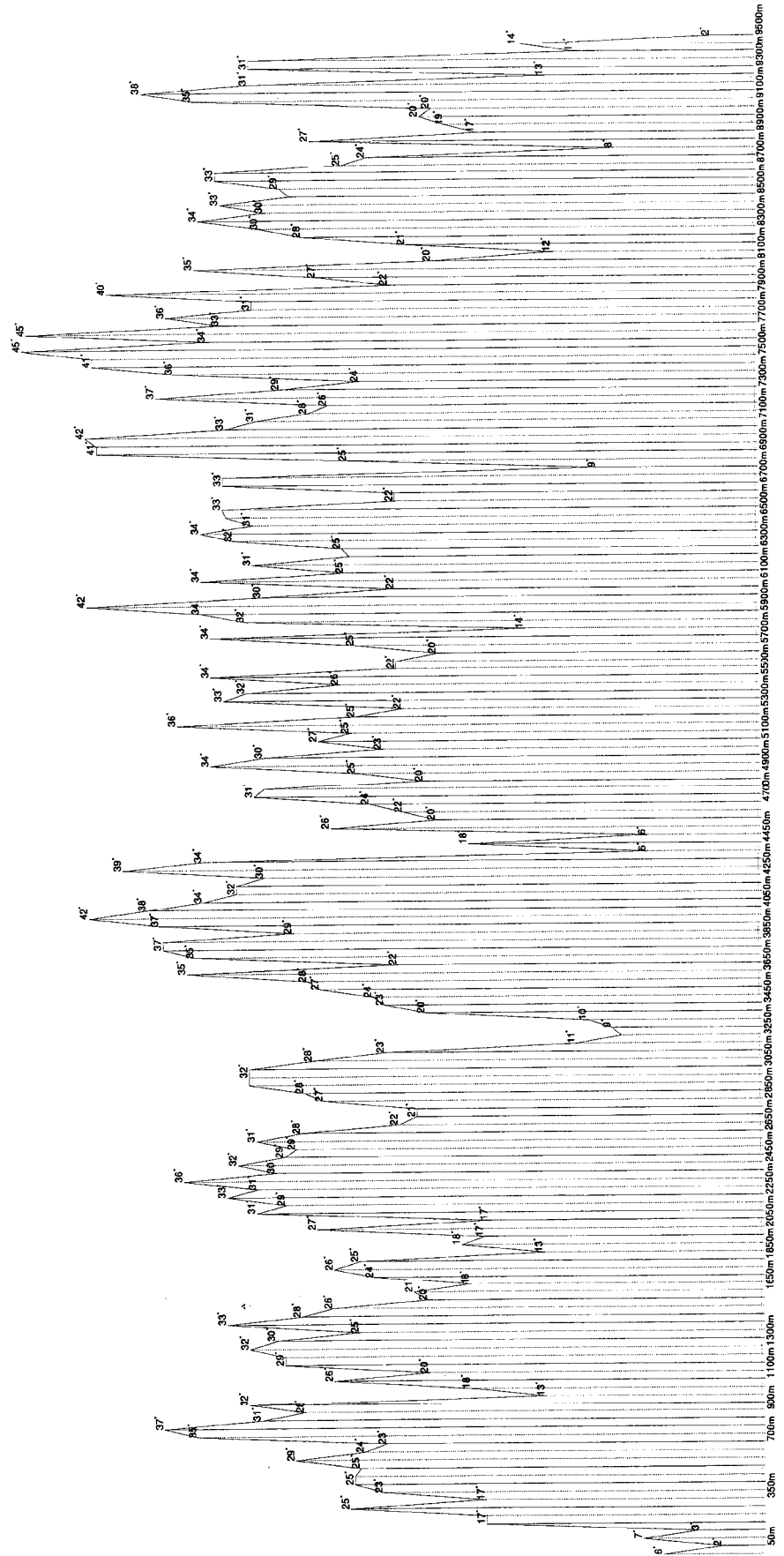


図-11 愛郷本線の斜面方位図 (左) と集水面積図 (右)



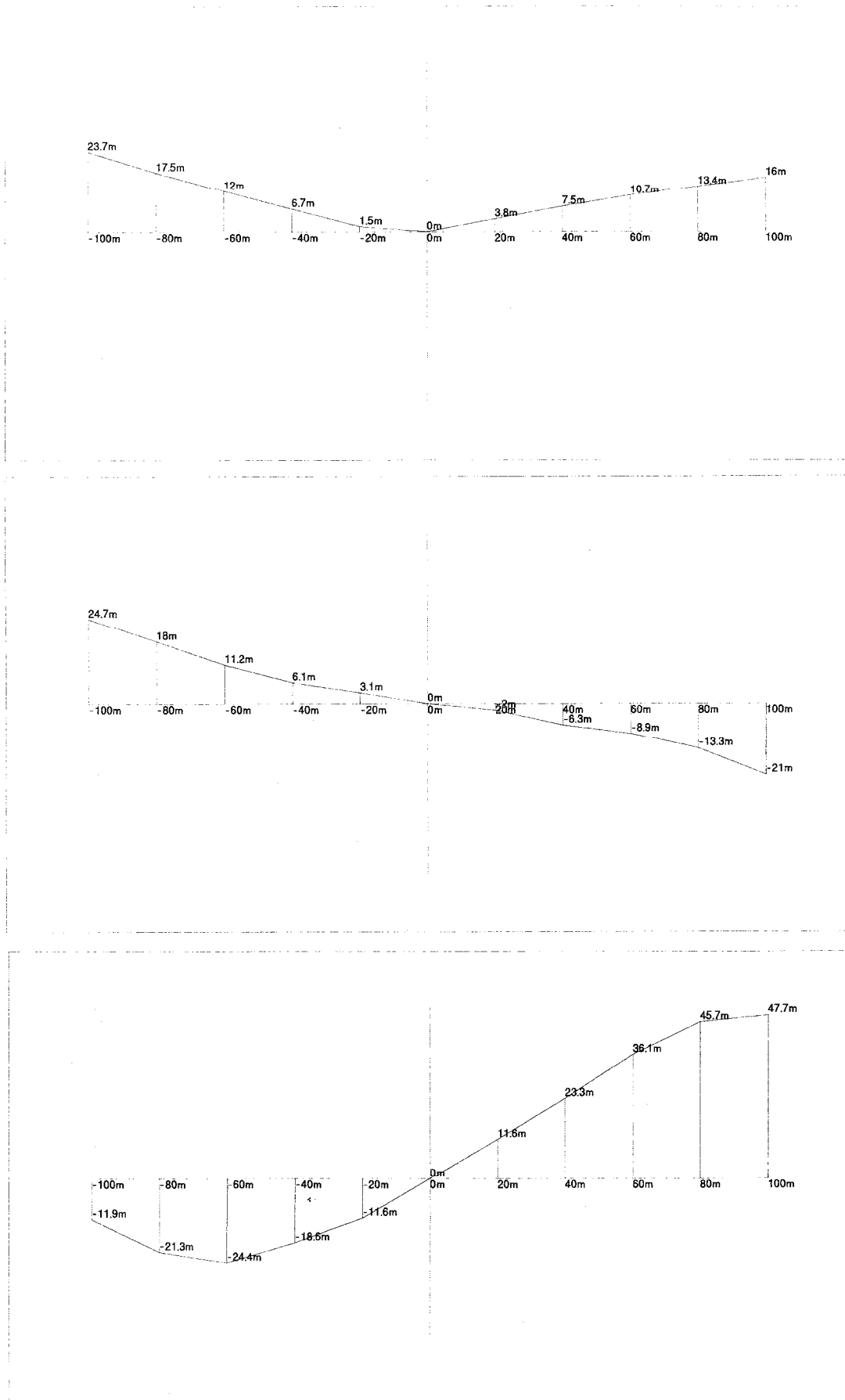


図-9 愛郷本線の横断面図例