土壌資源情報のメッシュデータベースシステム化とその利用

加 藤 好 武*

Grid Data Base System for Soil Resource in Japan —Structure and an Application—

Yoshitake KATO*

I. はじめに

土すなわち土壌は植物に水や養分を供給したり、地上や地中に於ける生物の諸活動から生まれる粗大有機物を分解して植物が利用できる形にするなど、地球生態系において非常に重要な役割を果たしている独立した自然体である。言いかえれば土は私たち人間の生活を支えている大きな柱であり、この資源をいかに上手に活用し、維持管理するかが将来の地球環境を健全に保てるかどうかの一つの鍵を握っていると言っても過言ではないと思う。一見、同じように見える土壌にも色や粒度が異なる様々な種類があり、それによって物理的、化学的、生物的特徴も異なっている。この土壌の種類の違いは気候、母材、地形、植生、時間といった土壌生成因子や土壌生成作用の違いによって起こるものである。この生成的要因に基づく土壌の種類ごとの分布を地図の形に表示したものを基本土壌図と呼ぶ。基本土壌図の多くは属性の広がりをもたない閉曲線で表現するポリゴンタイプのデータである。また土壌生成条件によって基本となる土壌分類カテゴリーや図示単位を決定する場合、生成条件のどこにウェイトを置くかによって、土壌図が異なってくる。現在、日本で多く作られている基本土壌図には大きく分けて3つの流れがある。第1は作物の生育や肥培管理に重点を置いた農耕地土壌分類図であり、これは主に国や都道府県の農業関係機関で作成されている。第2は林木の生育条件に重点を置いた林地土壌分類図であり、主に国や都道府県の林業関係機関で作成されている。第3は国土調査法の分類基準によって作成された土壌図であり、主に国土庁や都道府県によって作られている。ここではこれら3種類の土壌図の中で数値化、システム化が比較的進んでいる農耕地土壌図情報について、メッシュデータベースシステムの作成を中心に土壌情報システムの現状と、その利用例として土壌及び各種環境メッシュデータを使って地域の持つ環境保全機能の評価を試みた事例を紹介する。

II. 農耕地土壌図の数値化と土壌情報システム

土壌資源の財産目録ともいべき土壌図を作るには試坑と呼ばれる縦横1.5m、深さ1mの穴を掘ることから始まる。試坑調査では、土壌の色や粒度などの断面形態を調べるとともに層位ごとに土壌サンプルを採取して持ち帰り化学分析、物理性の測定などを行う。この試坑断面データに検土杖（ボーラー）による簡易調査データを加えた土壌断面調査データより土壌分布の法則性を地形、地質条件等との関連において解析し、その結果を面に広げて土壌図を作成していく。この土壌調査から土壌図作成までの詳細については参考文献（加藤 1990）を参照されたい。従って、土壌図を作るにはこのような土壌調査データが多数（例えば地力保全調査事業では25haに1点の割合）必要であり、土壌図一枚を作るには多大の時間とエネルギーを必要とする。日本の農耕地においては、第2次世界大戦後の食糧増産計画推進のため精力的

* 東北農業試験場 * Tohoku National Agricultural Experiment Station

図 1 農業用土地資源情報システム（ALRIS）と土壌情報システム（JAPSIS）の構造模式図

に農林水産省および都道府県の農業関係機関で土壌調査が行われ、これまで縮尺5万分の1土壌図が約800図幅が作成され、調査した土壌断面の数は約20万地点程度であると推定される。しかしこれら土壌資源に関する貴重なデータは主に基本土壌図という形に集約されて提供されているため、専門家以外は利用しにくく、その利用は十分といえない現状にあった。最近のコンピュータ技術の目ざましい発展と合理的土地利用計画立案の必要性からアメリカ、カナダ、オーストラリアなどの国々を中心に世界各国で土壌情報システムの研究や土壌資源に関するデータベースの構築が行われはじめている。日本でも1980年頃より農耕地を中心に土壌情報システムの研究（加藤 1988a）が進められた。土壌情報システムが基本土壌図より作物栽培適地図や環境保全対策図などの実用土壌図を自動的に作成するためには、土壌資源情報ばかりでなくもっと広汎なデータを包含する農業用土地資源情報システム（Agricultural Land Resource Information System ALRIS）といった考え方が必要であり、その構造を模式的に図1に示した。ALRISには次のような6つのサブシステムがあり、これらのサブシステム内のすべてのデータは共通の位置情報（現在は国土数値情報の座標系）、時間情報ヘッダーキーに持っており、これを媒介にして有機的に結合できるようになっている。その概要は次の通りである。

(1) 土壌情報システム

土壌情報システムは土壌資源分布に関する情報を扱うサブシステムである。このサブシステムには土壌の断面形態データや理化学分析データなど数値（定性値と定量値）を取り扱う数値情報システムと、土壌図など図面情報を取り扱う図式情報システム、またシステムに入力されている数値情報や図式情報を地形位や市町村など行政単位で検索できる検索情報システムの3種類がある。数値情報システムの中には試坑図の図幅単調査による土壌断面形態、理化学分析データなどを入出力できる土壌断面データファイルシステムや、縮尺5万分の1土壌図の基本分類単位である土壌統名とその主な性質をファイル化した土壌名データファイルシステムなどがある。

(2) 作物栽培試験情報システム

作物の収量・品質を中心とするデータとその時の土壌、気象、肥培管理法などの環境条件データを取り扱うサブシステムである。

(3) 農業気象情報システム

気温、降水量、日射量、日照時間など農業気象によく使われる気象データを取り扱うサブシステムである。アメダスデータによるメッシュデータは良いデータソースとなり得る。

(4) 地形・地質情報システム

標高、斜面方位、傾斜角度、表層地質など農業に密接に関係する地形・地質情報を取り扱うサブシステムである。建設省国土地理院による国土数値情報はこのシステムの良いデータソースとなり得る。

(5) 水資源情報システム

水量および水質に関する資源情報を取り扱うサブシステムである。

(6) 土地利用情報システム

現在および過去の土地利用状態に関するデータを取り扱うサブシステムである。

(1)の土壌情報システムについては農林水産省農蚕園芸局農産課の助成のもとに、(財団法人) 日本土壌協会によって地力保全基本調査、土壌環境基礎調査などのデータを中心にデータベース化が進められた。その結果、土壌断面データが約40,000地点、土壌名データが15,000件、土壌図データが約1000枚あり、その全てがデジタル化されて、システム(ミニコンが中心)に入力された。更に昭和62年度より始められた農業生産環境情報システム実用化事業では、これら全国の土壌資源データファイルから必要な部分だけを切り出してフロッピーディスクに入れ、パーソナルコンピュータを使って各種の実用土壌図や土壌断面データを提供できるシステムの構築を進めている。具体的には、デジタル化されたポリゴン型土壌図データを一旦、ラスターデータに変換した後、任意の大きさのメッシュデータに変換する機能を使って、3次メッシュの1/2および1/10細分メッシュデータベースを提供するシステムの開発を進めている。

(3)の農業気象情報システム、(4)の地形・地質情報システムに入力されるデータは少しずつ整備されてきている。(2)の作物栽培試験情報システムについては現在、システムの設計を検討し始めた段階であり、(5)の水資源情報システムと(6)の土地利用情報システムの整備は今後の課題である。

III. メッシュデータによる流域の持つ環境保全機能の評価—茨城県桜川流域の例—

面的広がりを持つ地域の特徴を定量的に評価するにはメッシュデータを利用すると便利である。「農林水産業の持つ国土資源及び環境保全機能の維持増進に関する総合研究」(農林水産省プロジェクト研究, 1982~1987年)の中で、茨城県桜川を対象として流域の持つ環境保全機能を土壌を中心とする土地環境メッシュデータベースを使って定量的に評価した。次にこれらの環境保全機能が近い将来どのように変化するかの変動予測も試みたのでその例を紹介したい。上記プロジェクトでは流域の持つ環境保全機能を水かん養機能、洪水防止機能、水質浄化機能(窒素とリン)、土砂崩壊防止機能、土壌侵食防止機能、汚染物浄化機能、居住快適性機能、の8種類の個別機能(増島 1988)に便宜的に分けた。またこの研究では環境保全機能と環境実態とを分けてとらえることにした。例えば水質について言えば、上流から多少汚染された水がきても、土壌を中心とする水質浄化機能が高ければ、水が水田や畑の土壌を通過しているうちに浄化されて、下流ではきれいになって汚染の心配はない。しかし浄化機能が低く、かつ上流での水質汚染の負荷が高ければ、下流での水質は悪くなってしまう。すなわち水質(実態)は負荷量と地域の持つ水質浄化機能とを重ね合わせた結果として評価できる。このように環境実態を負荷量やインパクトなどの人為的なものと環境保全機能とに分けて考えた方が、地域環境管理計画などの基礎資料としては使いやすいと考えられる。そこで上記の8種類の環境保全機能の定量的評価を試みた。

1) 個別環境保全機能評価図の作成

地域の個別環境保全機能を定量的に評価し、更にこれを使って総合評価する手順を図2に示した。まず既往の文献を整理して、各個別環境保全機能ごとに特に密接に関係する環境要因を選定し、選定した環境要因のメッシュデータベースを作成する。メッシュサイズは国土数値情報3次メッシュの1/5細分メッ

図 2 環境要因メッシュデータを使った環境保全機能総合評価システムの構造模式図

メ（約 220m×180m）に統一し、土壌分類、土性区分、土壌の陽イオン交換容量分布、現存植生、傾斜、土地利用、採石場分布の 11 種類を作成した。メッシュデータベースを作成する方法（加藤 1988b）は基本的には、①ポリゴン図をドラムスキャナで入力し、細線化、ベクター化した後、これをラスター変換する。次にこのラスターデータをメッシュごとにグルーピングして最頻属性によってメッシュデータ化する方法、②メッシュ線を引いたトレーシング用紙を地形図上に描いた原図（例えば土地利用なら地類で色区分した図）にかぶせてデジタイザで直接入力する方法によった。このようにして作成したメッシュデータベースデータを使って各種機能ごとの評価式（農林水産技術会議、農業環境技術研究所 1988）に従ってメッシュ毎の評価点の計算およびランキングを行い、結果を CRT 画面上にディスプレイする。またこの結果のハードコピーマップを作り、これを持って現地調査を行い、その妥当性のチェックを行う。もし評

価結果が現地での調査結果と合わない場合には評価に用いる要因、評価式、ランキング法などを変えて再び評価図を作成する。このループを何回もまわして、妥当性が得られるまで繰り返す。このようにして8種類の個別環境保全機能評価図を作成しアトラス（農業環境技術研究所 1987）の形にまとめた。

2) 総合化表示のための地域区分

地域としての環境保全機能の総合的特徴を把握するため、総合特性をパターン化して地域区分する方法を検討した。すなわち環境要因データ（地形分類、表層地質、傾斜、土地利用、土壌分類、土性、CEC区分、植生、石切場分布の9種類）および環境保全機能データ（水かん養、洪水防止、水質浄化NとP、土砂崩壊防止、土壌侵食防止、汚染物浄化、居住快適性の8機能）を使ってオーバーレイ法および統計処理＋画像処理手法を組合わせて次の18ケースの地域区分を行った。

ケース①……………オーバーレイ（地形分類＋小集水域区分）

ケース②……………オーバーレイ（土地利用＋地形分類）

ケース③④⑤⑥……環境要因データ→数量化Ⅲ類解析→クラスター分析（多、少）→スムージング処理（強、弱）

ケース⑦⑧⑨⑩……個別環境保全機能データ→数量化Ⅲ類解析→クラスター分析（多、少）→スムージング処理（強、弱）

ケース⑪⑫⑬⑭……環境要因データ→クラスター分析（多、少）→スムージング処理（強、弱）

ケース⑮⑯⑰⑱……個別環境保全機能データ→クラスター分析（多、少）→スムージング処理（強、弱）

なおクラスター分析の（多）とはクラスターの数を10～15程度まで解析を進めた場合をさし、（少）とはクラスター数を5～10程度まで解析を進めた場合である。またスムージング処理（弱）とはメッシュの周りに同種の属性データが1メッシュ以下の場合には当該メッシュの周りで最も多い属性に戻す処理を言い、スムージング処理（強）とはメッシュの周り2メッシュ以下で同種の処理を行ったものである。しかしスムージング処理（弱）では明らかにパターンが細かすぎ、総合化表示のための地域区分には適さないことが明かとなった。そこでスムージング処理（弱）の区分法以外の地域区分法10種類について、各地域区分単位ごとに個別環境保全機能について機能評価値の平均点を計算し、値を0～100に標準化した後、リーダーチャートの形で各地域区分ごとの環境保全機能の特徴を表示した。その結果⑧の処理すなわち環境要因データを使って数量化Ⅲ類解析、クラスター分析（少）およびスムージング処理（強）の地域区分をした時、最も特徴的な7種類のパターンに分けられた。その時の地域区分図、及び各地域の特徴をリーダーチャートにして図3に示した。また更に、この7種類のパターンはその分布の特徴から次の5つの型にグループ化できた。

I型（クラスター No. 6, 7）……水かん養機能が高く、他の機能は流域の平均値より低い。山地地域に広く分布する。

II型（クラスター No. 5）……洪水防止、土砂崩壊防止、土壌侵食防止などの機能は低い、他の全ての機能は全体の平均値より高く、特に水かん養と居住快適性機能が低い傾向が認められている。この型は標高の低い山地や山麓、丘陵地に広く分布している。

III型（クラスター No. 2）……全ての機能が流域の平均値よりも高く、水質浄化（P）、汚染物浄化機能、住居快適性機能などが特に高い傾向が認められる地域。台地の畑地帯に広く分布する。

IV型（クラスター No. 3, 4）……汚染物浄化機能を除いて全ての機能で流域の平均値より高く、特に水質浄化機能（N）、洪水防止機能が低い地域。沖積低地の水田地帯に広く分布する。

V型（クラスター No. 1）……土壌侵食防止機能以外の全ての機能において流域全体の平均値より劣る地域。台地および低地の市街地、住宅地に広く分布する。

3) 土地利用変動からみた環境保全機能の将来変動予測

流域の環境保全機能が近い将来、どのように変動するかを予測する方法は種々考えられる。ここでは土

図 3 茨城県桜川流域における環境保全機能からみた地域区分とその総合特性
(レーダーチャートの実線は流域全体の平均値を示す)

(1)下流部台地地域で農用地の75%が宅地化した場合

(2)流域内の全水田を畑地にした場合

図 4 シミュレーションによる環境保全機能の変動予測

土地利用を最も変動しやすい環境要因と捕らえ、他の自然環境要因は変化しないという仮定のもとに環境保全機能の将来予測を試みた。すなわち土地利用データだけを予測に従ってデータを入れ替え、他の自然要因データは変えないで環境保全機能評価の計算をやり直すという方法である。この場合、流域の環境保全機能を予測するには2つの方法が考えられる。1つは対象流域における過去の変動傾向の延長線上に、将来の土地利用変動を求める方法である。もう1つは政策的誘導などにより過激なインパクトが加わり、過去の趨勢からは予測しえないような土地利用変動をいくつも想定し、それぞれの場合についてシミュレーションにより環境保全機能を計算する方法である。桜川流域では過去の20年間の土地利用変動の大きなものは農地の非農用地化、特に宅地化であったが、それでも変動が著しいのは下流部の土浦市の市街地のごく一部に限られていた。ここでは2番目の方法、すなわち過去の趨勢からでは予測できない過激なインパクトが加わったと仮定した場合の環境保全機能の変動を予測した例を紹介したい。過激なインパクトとは、例えば対象地域に新たに鉄道や大きな道路が建設されるなどして宅地化が急速に進むようになった場合がこれに当たる。この場合には、宅地は崖や川などが無い限り既存の集落の周りに広がっていくという仮定にもとづいて画像処理的手法により宅地化するメッシュを決める方法を採用した。そして農地が50%、60%、75%宅地化するというように段階的の限度を設けて、土地利用変動予測図を段階的にいくつも作る。次にこの土地利用変動予測図データを使って、他の自然条件は変わらないとして計算を行ない、結果をレーダーチャートの形で表示し、その代表例を図4に示した。この図からも明らかなように、土浦市郊外の桜川下流部で農用地が宅地化された場合の環境保全機能に対する影響は、水質浄化機能、汚染物浄化機能で低下が比較的大きいことが明かとなった。また全水田を畑地にした場合には居住快適性機能と汚染

物浄化機能が増大し、その他の機能はあまり変化しないことが明らかとなった。

IV. む す び

土壌情報の数値メッシュ化は、縮尺20万分の1の土壌図を材料にした3次メッシュレベルではすでに日本全国をカバーしている。また全国の農耕地を対象に縮尺5万分の1土壌図をもとにした3次メッシュの1/10細分メッシュ（約100m×100m）データを提供出来るシステムの開発を進めている。この基本土壌図の1/10細分メッシュデータに代表土壌断面データとを組み合わせることにより、基本土壌分類ばかりではなく「土壌の透水性」「表土の保肥力」など土壌の理化学性に関するメッシュデータも作成できる。3次メッシュの1/5細分メッシュや1/10細分メッシュはサイズが比較的小さいため地形が複雑な地域でもメッシュ化による誤差が少なく、しかも画素データほどデータ量も多くないのでパソコンでも利用できる。また、土壌をはじめ、土地環境に関する各種メッシュデータの座標系、原点、サイズなどの規格を統一して互換性を持てるようにしておけば、パソコンと市販のデータベースソフトを使って、いままで捉えにくかった面的広がりをもつ地域の環境特性を容易に把握できるようになり多方面での利用が期待される。特に自然環境悪化の現地実験は非常にむずかしいし、また出来たとしても元に戻らない可能性があるので行うべきではないと思う。従ってメッシュデータを使ったシュミレーションより環境予測を行ない、その結果に基づく適切な対策を構ることにより環境悪化を未然に防ぐことは極めて有意義なことと思われる。一方、土壌は一般的にあまり変化しないと思われがちであるが、暗渠設置などの人為作用や管理法の相違などによって土壌は時間的に変化するものである。この為、絶えず最新の土壌調査データに基づく基本土壌図および土壌断面データベースの更新が大切である。また、これをただちにメッシュデータ化して誰でもパソコンで容易に利用できる形にして提供できる体制の整備が望まれる。

文 献

- 加藤好武 (1988a) : 日本における農耕地土壌情報のシステム化に関する研究, 農業環境技術研究所報告, 4, 1-65.
- 加藤好武 (1988b) : 流域のもつ環境保全機能の総合評価とその変動予測—茨城県桜川流域の例—, 環境情報科学, 17-4, 21-30.
- 加藤好武 (1990) : 土壌図作成および土壌評価解析, 浅海重夫編 「土壌地理学—その基本概念と応用—」 古今書院, 148-164.
- 増島 博 (1988) : 農林業のもつ環境保全機能—研究の流れ—, 環境情報科学, 17-4, 7-12.
- 農業環境技術研究所 (1987) : 農業環境資源アトラス—桜川流域における環境保全機能の評価図式情報—, 国土資源資料, 17, 1-35.
- 農林水産技術会議, 農業環境技術研究所 (1988) : 流域の環境計画策定の指針, 国土資源資料, 25, 45-64.

(1990年10月17日受理)