

◆ 流域水管管理特集 ◆

GIS を活用した霞ヶ浦流域水環境データベースの構築

安陪和雄* 和田一斗** 佐藤一幸*** 安田佳哉****

1. はじめに

3県44市町村にまたがる霞ヶ浦流域では、約96万人が生活を営み、農業、工業、畜産業、水産業等の経済活動が盛んに行われている。流域面積約2,200km²の内、湖面積はその約1割に当たる約220km²に過ぎず、平均水深は約4mと浅いため、こうした流域の人間活動は霞ヶ浦に大きな環境負荷をもたらしている。このため、国・県・市町村等の行政機関は、それぞれの立場で霞ヶ浦の水質保全のために各種施策を実施している。

一方、霞ヶ浦は行政機関による汚濁負荷削減の努力にもかかわらず、ここ数年改善傾向がみられず環境基準を未だに達成していない。この現状を打開するためには、行政機関のさらなる努力はもとより、行政と市民が一体となった流域の汚濁負荷削減に向けた取り組み(流域管理による湖沼水質保全)が不可欠である。その第一歩として、行政及び市民が、流域の観点に立って、流域の現状がどうなっているのかを把握し、解決すべき課題がどこにあるかについて共通の認識を持つことが必要である。

流域の現状を把握することとは、流域の水循環及びそれに伴う物質流動に関する情報(流域水環境データ)を収集・分析することである。国・県・市町村等の行政機関は、それぞれの目的に応じて必要とするデータを流域から継続的に取得している。これらのデータは各行政機関により報告書等にまとめられることが多いが、一般市民及び他の行政機関がこれらのデータ入手するためには、個別に当該行政機関に赴いて担当者にデータ入手の目的・必要性を説明する等の手続きを必要とする。さらには、霞ヶ浦の水質保全に係る行政機関は多数存在するため、各行政機関がどのようなデータを取得しているかについてその全体像を把握することが容易ではない現状にある。このため、仮に各行政機関が取得しているデータを聞く収録した統合的な流域水環境データベースが構築

されれば、行政及び市民が流域の現状を把握し共通の認識を持つための有効な支援ツールになるものと期待される。

近年、一般家庭にもPC(パソコン)が普及し、インターネットを介してのホームページへのアクセス、Eメールの交換等が日常的に行われるようになる等、社会の情報化が急速に進展している。また、データベース、コンピューターグラフィックス、CAD(Computer Aided Design)、コンピューター地図作成等の情報処理技術は互いに融合しつつ進化しているが、近年では情報化社会の進展を受けてインターネットとの連携がほぼ実現されつつある。GIS(Geographic Information Systems)は、これらの技術を統合した応用範囲の広いツールであり、特に観測所等の位置情報の正確な地理的表示が求められる流域水環境データベースの構築には有効なツールになるものと期待される。そこで、本研究では、プロトタイプデータベースとして表形式のデータファイルを階層的に配置したデータベースを構築するとともに、高機能型データベースとして汎用的なGISソフトを用いたGISデータベースを構築し、両者の機能・操作性等を比較することにより、流域水環境データベースにおけるGISの有効性について検討することとした。なお、行政と市民が容易にアクセスできるデータベースが有効であるという観点から、両者のデータベースは共にインターネットを介して外部アクセスできる仕様とした。

2. プロトタイプデータベースの構築

(1) データ項目及び入力データ

通常の水環境データベースでは、雨量、流量、水質等の自然系の水循環・物質流動に係るデータを収録するが多い。一方、流域管理に資するデータベースを構築するためには、流域の人間活動を反映したデータを収録する必要がある。そこで本データベースでは、これらの自然系データに加えて、水循環データについては、生活・工業・農業用水取水量、及び、生活・工業用水使用量を、物質流動データについては、生活・工場・

事業所・畜産・水産・面源系汚濁負荷発生量、及び、下水処理施設負荷放流量等を収録することとした。表-1に、本データベースのデータ項目及び入力データを示す。

(2) システム設計

水環境データは、一般に、雨量・流量・水質等のデータ項目名、○○流域等の地域名、○○観測所等の地点名の順序で階層的に分類されている。これは、データファイルを○○観測所等の地点毎に作成すれば、一般のユーザーがこの階層的な分類に従ってデータファイルに容易にアクセスできることを意味する。

データベースのシステム設計は、収録するデータの分類方法と密接に関連している。

データベースをシステム工学的に分類すると、一般に、階層モデル、ネットワークモデル、リレーションナルモデルに分類される^{1),2)}。水環境データは階層的に分類されることから、データベースのシステム構造として最も簡明な階層モデルを採用することとした。すなわち、データ項目別・データ取得地点別に表形式のデータファイルを作成し、それらを表-1の階層的な分類に従つてデータベースに収録することとした。

通常、データベース・ソフトとして、リレーションナル・データベース・ソフトを使用しているデータベースが多数存在するが、このソフトウェアは、収録されている一連のデータに対して条件検索を行いう必要性がある場合に本来の能力を発揮する。仮に、水環境データにおいて条件検索の必要性を想定するとすれば、○○観測所のデータファイルにアクセスした後、例えば、「日雨量○○mm以上の年月日を検索せよ」等が考えられる。しかし、このような条件検索が一つのデータファイルに対し頻繁に行われることは殆どない。

一方、リレーションナル・データベース・ソフト

表-1 データ項目及び入力データ

データ項目			入力データ	
大分類	中分類	小分類	出典	位置データ
水循環	自然系	雨量	霞ヶ浦工事事務所資料	観測地点
		蒸発量	"	"
		風向・風速	"	"
		河川流量	"	"
		湖水位	"	"
水循環	人工系	生活用水取水量	"	"
		生活用水使用量	茨城県資料等を加工	市町村
		工業用水取水量	霞ヶ浦工事事務所資料	観測地点
		工業用水使用量	茨城県資料を加工	市町村
		農業用水取水量	霞ヶ浦工事事務所資料	観測地点
物質流動	自然系	茨城県資料	"	
		霞ヶ浦工事事務所資料	"	
		市町村資料	"	
		土木研究所資料	"	
		湖水水質	茨城県資料	"
物質流動	人工系	生活系汚濁負荷量	"	市町村
		工場系汚濁負荷量	"	"
		事業所系汚濁負荷量	"	河川流域
		畜産系汚濁負荷量	"	市町村
		水産系汚濁負荷量	"	湖ブロック
		面源系汚濁負荷量	"	市町村
		下水処理施設負荷量	"	施設位置

の取り扱いは、通常のPC使用者にとって決して容易なものではなく、データベースの構築・維持更新に際しては専門の技術者を必要とする。これは、データフォーマットの変更、データ項目の追加削除、最新データの追加等、データベースの構築・維持更新の過程において、ソフトに精通している技術者による専門的な作業が必要とされるため、階層型モデルで構築可能な水環境データベースにリレーションナル・データベース・ソフトを適用することは、費用対効果の観点からその有効性について十分検討することが重要である。

(3) システム構築

インターネット・データベースの構築を前提としているため、霞ヶ浦流域水環境データベースのホームページを作成した。個別のデータファイルについてはデータを汎用的な表計算ソフトに入力して作成した。また、データ項目別に、データ取得地点の位置表示マップ及び地点名一覧表を作成してホームページに付加するとともに、マップ及び一覧表からそれぞれのデータファイルにアクセスできるようにした。なお、マップの作成にあたつ

ては、3で説明するGISを用いて作成し、これを画像ファイル[gif(graphical interchange format)：画像圧縮保存形式]に変換した。

(4) データ転送

一般に、○○観測所の○年○月○日のデータ値の閲覧のみならず、例えば、○年○月から○年○月にかけてデータ値がどのように変化しているかグラフ化して分析を行うなど、データを多角的に分析するニーズが十分に想定される。そこで、httpによるファイル転送機能を用いて、表計算ソフトで作成されたデータファイルを同一のフォーマットでユーザーのPCに転送できるようにした。これにより、ユーザーは、転送されてきたデータファイルの閲覧、グラフ化、演算等を自らのPC上で自在に行なうことが可能となる。

(5) データ可視化

ユーザーがデータの概要をホームページ上でも閲覧することができるようとするため、表計算ソフトに入力したデータをグラフ化し、画像ファイルに変換してホームページに付加した。

3. GISデータベースの構築

2(3)で作成したプロトタイプデータベースのデータファイルを活用し、GISソフト及びインターネットとGISを連携するソフトを導入し、インターネット・GIS・データベースを構築した。図-1にシステム構成を示す。また、GISを用いてデータ項目別に主題図を作成し、ユーザーがホームページにアクセスすることにより、それぞれのマップを閲覧できるようにした。表-2に、データ項目及び作成主題図の概要を示す。

以下に各主題図の作成方法を示す。

(1) 観測地点、施設・位置表示マップの作成

①標高メッシュデータ及び河川・湖沼位置データをGISに入力して流域マップを作成するとともに、このマップ上に観測地点、施設に係る位置データを重ね合わせることにより、観測地点、施設・位置表示マップを作成した。

②属性データについては2(3)で作成したデータファイルを使用し、GISのリンク機能を用いて、

表-2 データ項目及び作成主題図

データ項目			データ	主題図
大分類	中分類	小分類		
水循環	自然系	雨量	日・雨量	雨量・観測地点・位置表示マップ
		蒸発量	日・蒸発量	蒸発量・観測地点・位置表示マップ
		風向・風速	日平均・風向風速	風向風速・観測地点・位置表示マップ
		流量	日・流量	流量・観測地点・位置表示マップ
		水位	日平均・水位	水位・観測地点・位置表示マップ
	人工系	生活用水取水量	日・取水量	生活用水取水量・観測地点・位置表示マップ
		生活用水使用量	水源別・年・使用量	生活用水使用量・市町村・円グラフマップ
		工業用水取水量	日・取水量	工業用取水量・観測地点・位置表示マップ
		工業用水使用量	水源別・年・使用量	工業用水使用量・市町村・円グラフマップ
		農業用水取水量	日・取水量	農業用水取水量・観測地点・位置表示マップ
物質流動	自然系	河川水質	水質	河川水質・観測地点・位置表示マップ
		湖水水質	"	湖水水質・観測地点・位置表示マップ
	人工系	生活系(し尿) 負荷量	日・COD・TN・TP	①生活系(し尿)負荷量・メッシュ・グラデーションマップ
			"	②生活系(し尿)負荷量(処理前)・メッシュ・グラデーションマップ
			"	③生活系(し尿)負荷処理量・メッシュ・グラデーションマップ(②-①)
		生活系(雑排水) 負荷量	"	④生活系(雑排水)負荷量・メッシュ・グラデーションマップ
			"	⑤生活系(雑排水)負荷量(処理前)・メッシュ・グラデーションマップ
			"	⑥生活系(雑排水)負荷処理量・メッシュ・グラデーションマップ(⑤-④)
		工場系負荷量	"	⑦工場系負荷量・メッシュ・グラデーションマップ
		事業所系負荷量	"	⑧事業所系負荷量・メッシュ・グラデーションマップ
		畜産系負荷量	"	⑨畜産系負荷量・メッシュ・グラデーションマップ
		水産系負荷量	"	⑩水産系負荷量・メッシュ・グラデーションマップ
		面源系負荷量	"	⑪面源系負荷量・メッシュ・グラデーションマップ
		合計負荷量	"	⑫合計負荷量・メッシュ・グラデーションマップ (①+④+⑦+⑧+⑨+⑩+⑪)
		下水処理施設負荷量	年平均・水質・放流量	下水処理施設・位置表示マップ

観測地点、施設に係る位置データとデータファイルをリンクさせた。

(2) 水源別・用水使用量・円グラフマップの作成

①市町村の位置データを GIS に入力して、流域市町村マップを作成した。

②用水使用量データを水源別に表計算ソフトに入力してデータファイルを作成し、これを GIS に読み込ませて、①で GIS に入力した市町村の位置データと結合させた。

③GIS ソフトの主題図作成機能を用いて、市町村マップの上に用水使用量(円の大きさ)及び水源別の取水割合を示す円グラフを表示させた。

図-2 に、水源別・工業用水使用量・円グラフマップを示す。この主題図は、流域水循環の分かり易い表示を目的として作成したものである。

(3) 汚濁負荷量・グラデーションマップの作成

①標準地域メッシュ(約 1km 四方)の位置データを GIS に入力して、メッシュマップを作成した。

②汚濁負荷発生量データを発生源別に表計算ソフトに入力してデータファイルを作成し、これを GIS に読み込ませて、①で GIS に入

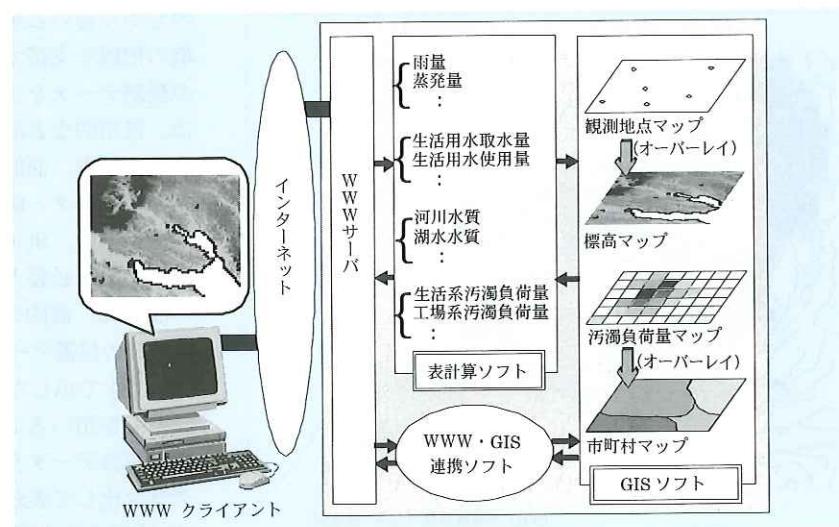


図-1 GIS・データベースの構成

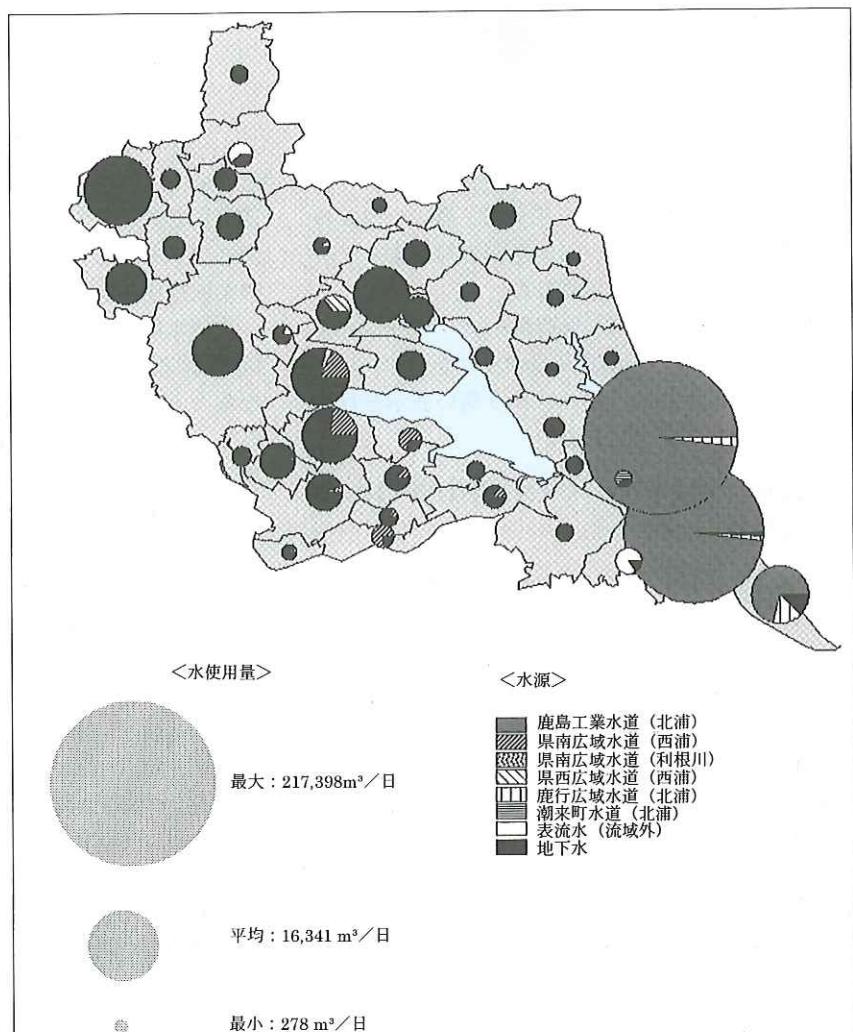


図-2 水源別・工業用水使用量・円グラフマップ (1989)

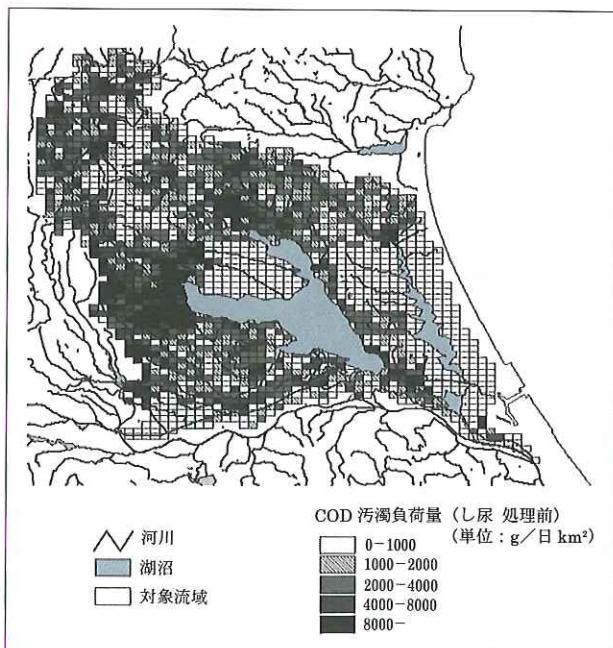


図-3 生活系(し尿)負荷量・グラデーションマップ
(処理前)(1995)

力したメッシュの位置データと結合させた。

③GISの主題図作成機能を用いて、各メッシュの負荷量の大小に各メッシュの色彩が対応するグラデーションマップを表示させた。

図-3に生活系(し尿)負荷量・グラデーションマップ(処理前)の汚濁負荷量マップを示す。この主題図は、流域物質流動の分かり易い表示を目的として作成したものである。

4. 流域水環境データベースにおけるGISの有効性

流域水環境データベースにおけるGISの有効性について以下の3項目に要約する。

(1) ベースマップ作成ツール

流域水環境データベースにおいて流域マップ等のベースマップは、データ取得地点の地理的な位置関係を正確に表示する上で重要である。

GISは、流域マップ等のベースマップを任意の縮尺において容易に作成・編集することができるため、ベースマップ作成ツールとして有効である。また、GISで作成したベースマップは容易に画像ファイルに変換できるため、GISを使用しない流域水環境データベースのベースマップとしても利用できる。

(2) 主題図作成ツール

流域水環境データベースにおいて、観測データ

の分かり易い表示は、ユーザーの流域水環境の把握を支援する上で重要である。個別の観測データをグラフ化して表示することは、汎用的な表計算ソフトで容易に実現できる。一方、面的に分布する観測データを同一のモニター画面上にグラフ化して表示することは、汎用的な表計算ソフトでは煩雑な作業を必要とする。

GISは、面的に分布しているデータをそれぞれの位置データを接点に保管するため、3(2),(3)で示したように、GISの主題図作成機能を用いることにより、このような多数の観測データを同一のモニター画面上にグラフ化して表示することは容易である。

(3) 空間分析支援ツール

GISは、ベースマップ及び主題図を拡大、縮小、移動、及び、オーバーレイする等の空間分析支援機能を装備している。

3で構築したGISデータベースは、インターネットとGISを連携するソフトウェアを導入しているため、一般のユーザーが自らのPC上でデータベース内のベースマップ及び主題図にアクセスし、空間分析支援機能を用いて種々の柔軟な操作を行うことができる。

流域水環境データベースにおいて、空間分析支援機能の活用方法は個別のデータベースにより異なると考えられるが、本GISデータベースでは、いくつかの観測地点が近接して存在している場合に活用できるものと想定される。すなわち、流域全体を表示するマップではそれぞれの観測地点を表示する微小な円が重なり、微小な円とリンクされたデータファイルへのアクセスが困難になる。一方、ここで空間分析支援機能の一つである拡大操作を用いれば、図-4に示すように、重なり合っていた微小な円が適度に分散し、相互の位置関係の把握及びデータファイルへのアクセスを容易に行うことができる。

なお、GISデータベースは、GISを使用しないデータベースに比べて、サーバーからユーザーのPCに伝送されるデータ規模が大きくなるため、ネットワーク回線のデータ伝達速度及びユーザーPCの情報処理速度が不十分な場合は、データファイルへのアクセスに多くの時間を要する。このようなデメリットは、情報化社会の進展とともに解消されるものと期待されるが、当面の措置として

GIS データベースと GIS を使用しないデータベースを併せ持つことは有用であると考えられる。

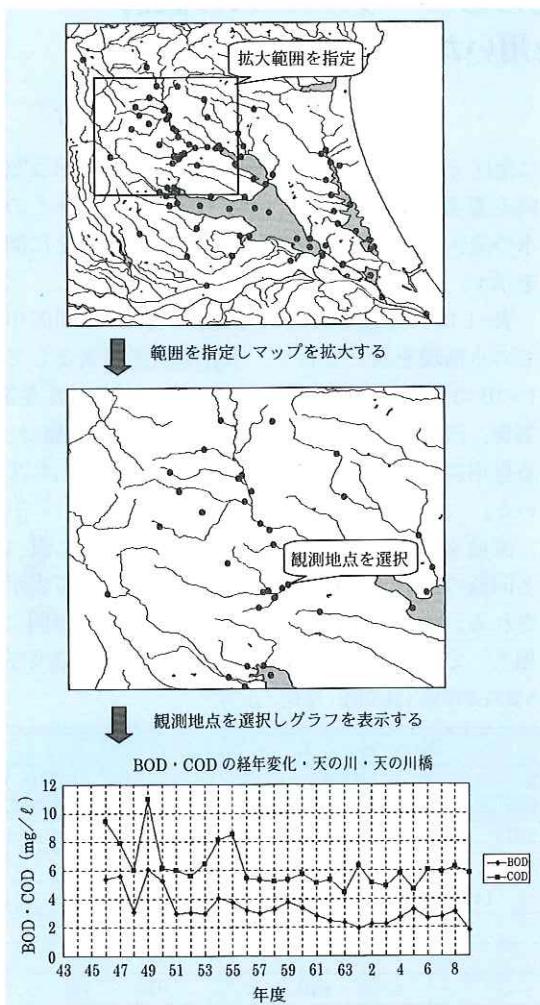


図-4 GIS・データベースの操作例

5. おわりに

GIS の活用には、ソフトウェア、ハードウェア、位置データ、技術者が必要である。ソフトウェアとハードウェアについては、日進月歩で進化しており、最新のものを導入しておけば問題はない。直面する大きな課題は、GIS 技術者の確保である。GIS データベースの基本的な構成要素である位置データの適正な整備も GIS 技術者の実践的な知識と豊富な経験に基づく必要がある。これに加えて、GIS を種々のニーズに合致させて効果的に活用するためには、現場の職員が GIS 技術者を的確にマネジメントできる必要がある。このためには、現場の職員が GIS 技術に対して正しい知識と理解を持っていることも併せて重要である。したがって、現場においては、GIS 技術者の確保、及び、職員の GIS 研修を行うことが GIS を有効に活用する必要条件になる。その意味において、組織として GIS 技術に取り組むことが重要であり、トップダウン的な対処が望まれる。

なお、本研究は、科学技術振興調整費「地球観測データのデータベース化に関する研究(H6~H10)」の1テーマである「建設環境情報のデータベース化に関する研究」の一環として実施したものである。

参考文献

- (財) 河川情報センター：河川データベース講習会資料, pp58-61, 1995
- David, J. M., Michael, F. G., David, W.R : Geographic Information Systems, Volume1 PRINCIPLES, pp251-267, John Wiley & Sons, Inc., 1991

安陪和雄*



建設省土木研究所
環境部環境計画
研究室主任研究員
Kazuo ABE

和田一斗**



(前 環境計画研究室
交流研究員)
Kazuto WADA

佐藤一幸***



建設省土木研究所
環境部環境計画研究室
重点研究支援協力員
Kazuyuki SATO

安田佳哉****



同 環境計画研究室長
Yoshiya YASUDA