

## 流域水質解析・評価システム

## Water Quality Analysis and Evaluation System on a Basin Scale

板橋 直\*・竹内 誠\*・駒田充生\*\*

Sunao Itahashi, Makoto Takeuchi and Michio Komada

## 背景と目的

平成 11 年 2 月の環境基本法の水質汚濁に係わる環境基準（地下水とも）の改正により，硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が人の健康に係わる環境基準項目に追加指定され，さらに，平成 13 年 7 月の水質汚濁防止法による硝酸化合物等の有害物質指定とともに，これらを扱う事業所が排水規制，地下浸透規制等を受けることとなった。

脆弱な産業基盤とされる農業及び畜産業は栄養塩類を扱う産業の主たるものであり，農地に投入される肥料及び家畜排泄物中の窒素量は国内で循環している窒素の多くを占める。平成 11 年度から継続実施されている全国数 1000 地点での地下水概況調査結果でも，硝酸及び亜硝酸性窒素について環境基準値を上回る地点数が広範囲に，かつ 5 % 以上も存在することから，本基準値の設定がこれら産業に及ぼす影響は極めて大きいとみなされる。

農地などの面源からの窒素負荷流出は，多くの場合，複雑で，地下水水中での濃度は，直上の土地利用状態，窒素投入量のみでなく，気象条件，土壌，地下構造，窒素投入農地における栽培法等々の各種要因が影響すると考えられる。これら要因がどの程度水質変動に関与するののかに加え，投入から地下水到達までの時間遅れ等については，現状では解析しつくされているとは云えず，また，地域性も非常に大きいことから一律の対応は困難といえる。

影響の度合いが大きいと考えられる農地への窒素投入量については，各県が作目別の施肥基準を有しており，基準値内の窒素投入量であれば地下水汚染も軽減できる可能性はある。とはいえ，化学肥料，さらにわが国では家畜排泄物由来の窒素投入量が化学肥料のそれにほぼ等しい状況にあることから，これら有機資材も含めて，畑，樹園地，草地から，どの程度これらに起因する窒素が流出するのか，流出に関与する要因として，どのようなものがあり，どのように関与するかに重点を置いた窒素の農地内での動態・収支，さらにはその作用機作に関する調査・研究及び情報の収集，解析が急務となっている。

これまでの国内の研究，調査事例からは，畑，樹園地は多くの変動要因はあるものの，投入窒素量の数十%を農地系外に排出しているとみられる。しかし，流出窒素の相当量は流水域に到達するまでに微生物による脱窒作用で浄化される。この作用は，水田，灌漑用ため池，農業用排水路，湿原等の湛水域で大きく，その浄化特性として，単位時間，面積当たりの脱窒量は，流入水中の窒素濃度に大きく依存することが多くの研究者によって明らかにされている。

\* 化学環境部 栄養塩類研究グループ 水質保全ユニット (\*\* 現 化学環境部)  
Water Quality Conservation Unit, Water Quality and Solute Dynamics Group, Department of Environmental Chemistry  
インベントリー，第 3 号，p.29- 34 (2004)

流入水中の窒素濃度は、水移動からみてその上位面の負荷発生状況に依存するため、特定地点の水質といえども、その地点に対する集水域全体の特性に影響されることになる。同様のことは、浅層地下水中の窒素濃度と、直上の土壌間隙水中の窒素濃度との関係についても云える。従って、流域単位での評価という観点から、対象集水域でのこれら地目の河川流入までの水移動経路からみた配置（土地利用連鎖）状態が、対象とする河川・湖沼の水質形成に大きく影響を及ぼすと考えられる。

特定農地の窒素溶脱量を分母とした流水域に到達する窒素流出量の比率（流達係数）は対象集水域の上記状態を直に反映すると考えられる。本値を流域特性との関連で解析した例は極めて少ないが、水質管理、評価の面からは農地面に投入される窒素量及び流出係数（農地の場合は溶脱率）と並んで重要なパラメータと考えている。

当ユニットでは、上記の流達係数を定量化する手法の開発に取り組んでいる。すなわち、①特定水質評価点における実測の「通年水質・水量調査結果」からのその点を通ずる年間の窒素流出負荷量の算定、②原単位法に基づいた、評価点に対する集水域内の各窒素負荷源からの流出ポテンシャルの推定、①と②の商を見かけの流達率とし、③その値が集水域に係わる諸特性とどのような関係にあるかを定量的に解析するシステムの構築、さらに、④システムによる解析結果を用いたシミュレータ機能の組込、⑤解析例を増すことによる対応パラメータ、シミュレータ自体の高精度化、を行っている。

ここでは、開発中のシステムのうち、農業環境資源インベントリーとして流域における水質決定要因の一つ「②集水域内の窒素流出ポテンシャル」を推定する機能および③の解析に不可欠な「①特定水質評価点における窒素流出負荷量」を推定する機能について紹介する。

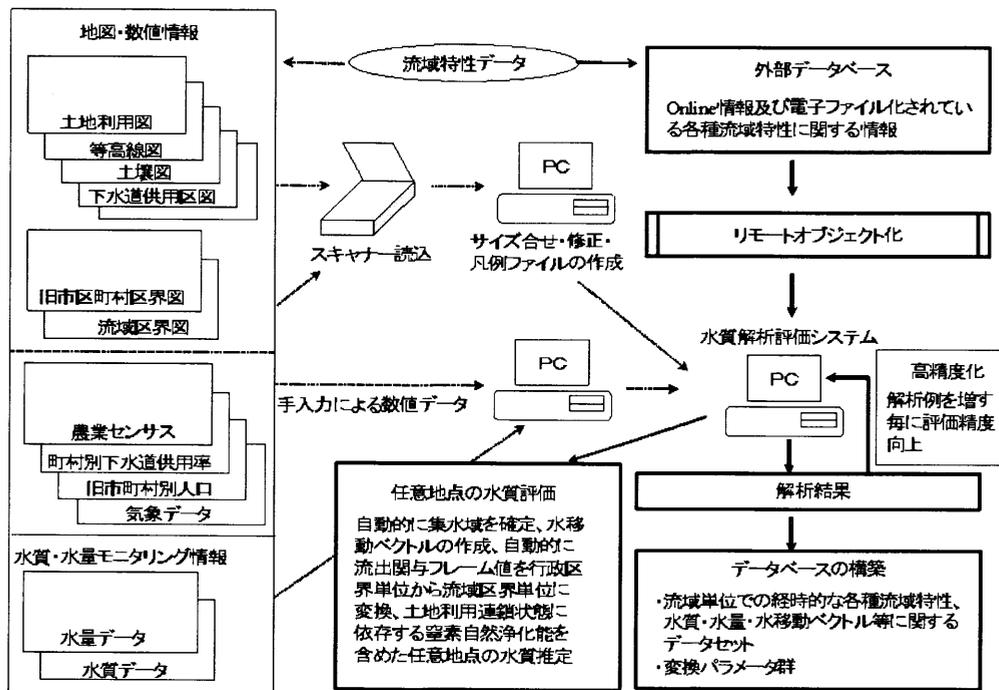


図1 流域水質解析・評価システム

内容・特徴・機能

「流域水質評価・解析システム」では、地形図、土地利用図などの地図データを地理情報システムに取り込み・処理して集水域界を確定し、また行政的に蓄積された統計情報、原単位等の研究・調査データなど各種の数値データを用いて集水域単位で窒素流出ポテンシャルを算出する。一方、河川上の特定水質評価地点（モニタリング地点）での水質・水量モニタリングデータを集約・集計して窒素流出負荷量を推定する。この両者を用いることにより、集水域単位での窒素流出負荷量の定量的な解析が可能となる。なお、本システムは MS Windows を搭載したパーソナルコンピュータ（PC）上で稼働する（図 1）。

表 1 流域水質解析・評価システムの機能と内容

| 機能                              | 対象データ  | 内容  |
|---------------------------------|--|---|
| 図面データのファイル化                     | 土地利用、表層土壌、等高線、下水道供用地区、新旧市町村行政区界、集水域界等                | スキャナによる読み取り、単純曲線への変換、画像上の切り張り・貼り付け、拡大・縮小・回転、重ね合わせ、透過色(複数可)を含む色変換、オーバーレイ等の編集機能                 |
| (リモート)オブジェクト化                   | 同上   | すでに電子ファイル化されている各種地図情報を本システムに合わせて取り込む<br>SHPファイルの読み込み、加工<br>全国公共用水域データベースの読み込み、加工              |
| 表データのファイル化、及び行政区界数値データを集水域単位に変換 | 農業センサス、地域別下水道普及率、アメダス気象データ、作物別施肥量・吸収量等の原単位、有機物別分解特性等 | 市販の表計算ソフトに対応、変換はその対象項目が土地利用分類以上何に相当するか(複数可)をあらかじめパラメータファイルに記述しておくことで、自動的に土地利用、集水域図形データを参照して変換 |
| 水移動上の土地利用連鎖状態の把握                | 土地利用、河川図、等高線図から変換したメッシュ標高データ                         | 等高線図から各メッシュの標高値への半自動変換、メッシュ水移動ベクトルの作成、土地利用連鎖二元表の自動作成、f1、f2、各土地利用面の平均標高、傾斜、流路長等の算出             |
| 有機物中窒素の動態予測                     | 有機物中成分量、投入量、アメダス気象データ<br>土壌環境基礎調査                    | 投入された有機物中窒素成分の分解・無機化量の算出  |
| 水質データ解析                         | 水質・水量モニタリングデータ、アメダス気象データ                             | 重回帰分析・直交多項式・分散分析の各機能を解析モデル上統合した汎用の数値データ集約機能、アメダスデータを併用した流出負荷量の高精度推定                           |
| 特定流下点での水質予測                     | (上記データ群)   | 各湛水面における水質浄化機能発現量の推定を含めた流域内、任意地点での水質推定機能  |

以下に本システムの主な特徴および関連する機能を挙げる（表 1）。

1. 高分解能地理情報システムの採用

独自の地理情報システムを採用し、日本の複雑な地形・土地利用を PC 上で再現できる。具体的には、紙地図をスキャナー取り込みにより、または SHP 形式など電子ファイル化された地図情報を取り込み、地表面を精細なメッシュ（実スケールで約 13m×13m の方形区画に相当）に分割した電子ファイルを作成する。このメッシュごとに集水域、土地利用属性、標高値、窒素流出ポテンシャルなど諸情報を割り当て、オーバーレイ手法による処理を可能としている。

2. 集水域内の窒素負荷源からの流出ポテンシャル推定

集水域における窒素負荷発生・流出ポテンシャルに関連するデータ群として、農業センサス、地域別下水道普及率、アメダス気象データ、作物別施肥量・吸収量等の原単位、有機物別の分解特性などの約 100 項目を使用する。これらのデータを用いて原単位法に基づいた土壌面における窒素発生負荷量を計算し、さらに、流出・流亡（溶脱や脱窒、土壌への蓄積）に関する研究データに基づいてメッシュごとに窒素流出ポテンシャルを推定する。

ここで用いるデータのうち、農業センサスなど統計データは、通常、市町村（または旧市町村）など行政区界単位でまとめられている（図 2）。本システムではこれらデータを csv 形式の電子ファイルとして取り込み、集水域単位に計算・表示する機能を持つ（図 3）。

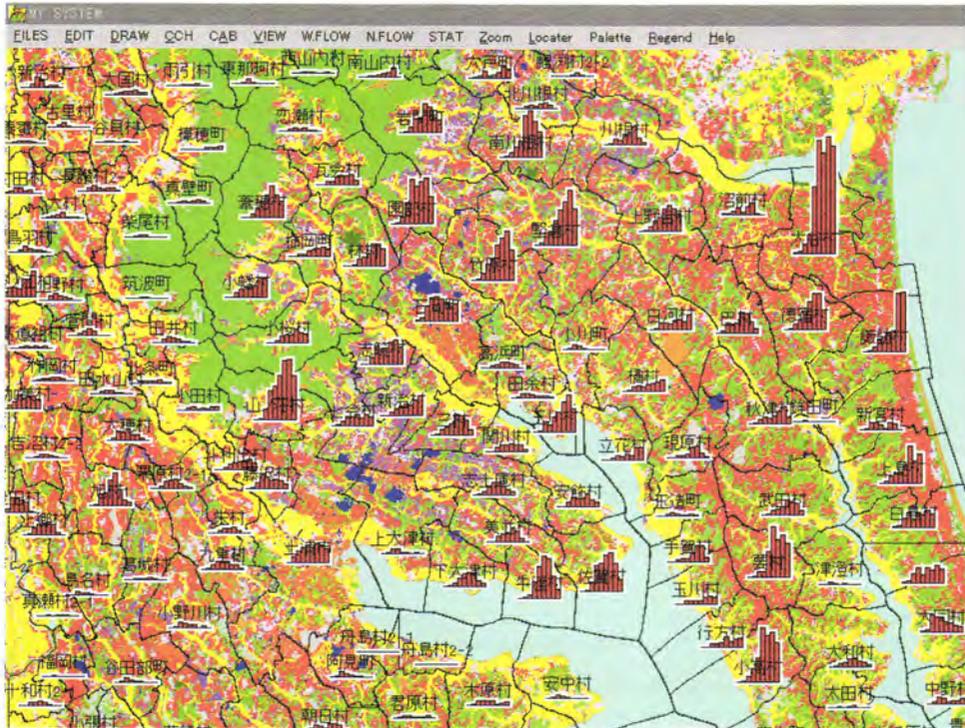


図2 農業センサス項目の表示例（飼育豚頭数の経時変化を行政区界ごとに表示）

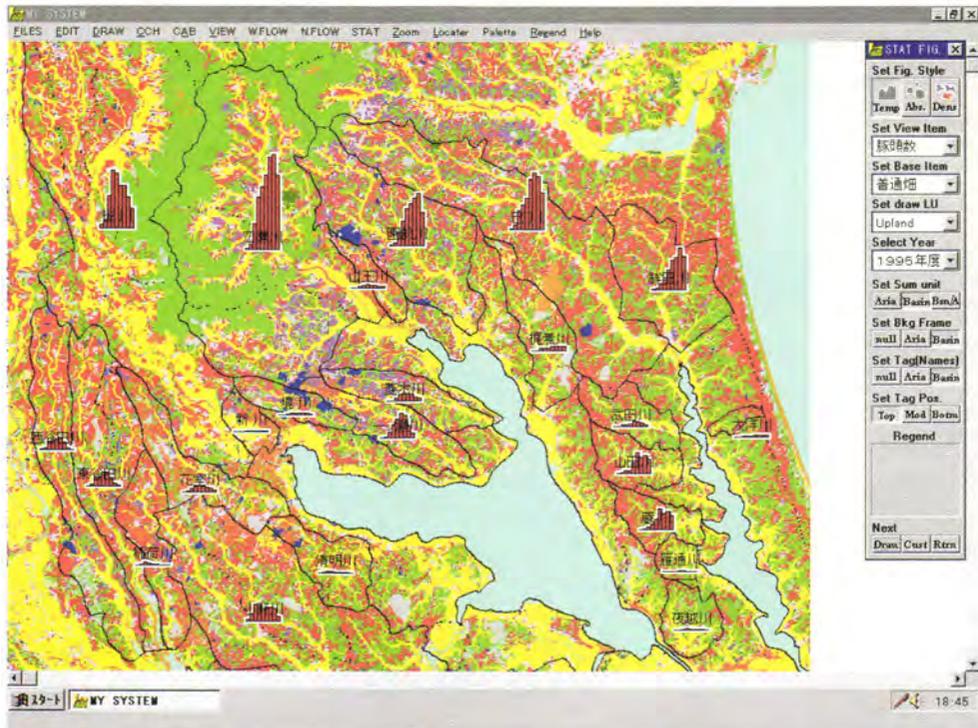


図3 センサス項目を集水域ごとに集計し直して表示（図2のデータ）

### 3. 任意地点に対する集水域確定と窒素流出ポテンシャルの算定

上記1で作成した標高値メッシュデータを用いることにより、地表面の起伏にしたがった水移動経路を算出し、この結果を用いて、PC画面に表示された地図上の任意地点の指定により、この地点に対応する集水域界を自動的に決定する。さらに、上記2で作成した窒素負荷の発生および流出に関するデータ群を参照し、決定した集水域内での窒素流出ポテンシャルを算定する（図4）。

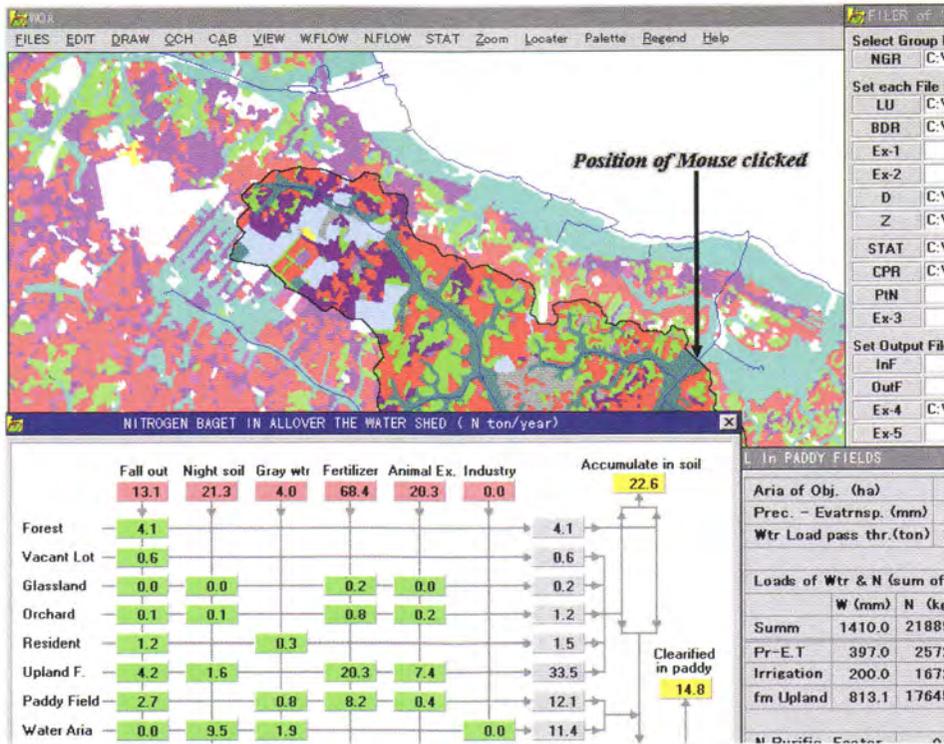


図4 流域単位での窒素流出ポテンシャル算定例

### 4. 数値データ集約による窒素流出負荷量の高精度推定

本システムには重回帰分析、直交多項式、および分散分析の各機能を解析モデル上統合した汎用の数値データ集約機能を組み込んでいる。これにより要因が非直線的に作用する場合や、要因間の相乗作用がある場合でも表現式が得られ、かつ回帰による寄与率を上げることができる。

この機能の利用例では、河川水量データに対してはアメダスデータ（降雨時別値）を用いた表現式を作成し、一方で河川水中の窒素濃度変動要因を、流量、年、季節要因に分解して表現式を作成した（図5）。この両表現式によりアメダスデータを用いて日ごとの河川水量、窒素濃度、さらに両者の積としての流出負荷量を算出し、これらを年単位で集計することにより年間の窒素流出負荷量の精度向上を可能とした。

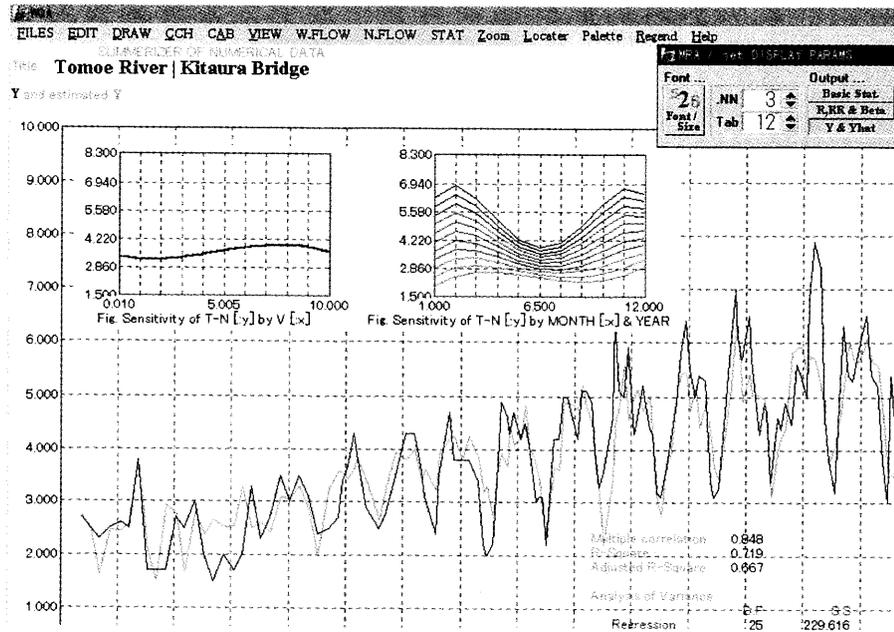


図5 データ集約機能使用例 (河川水中全窒素濃度を流量と年, 季節の要因を用いて推定)

### 利用法

本システムは逐次更新中であるが, 最新バージョンのプログラムとマニュアルを準備中である。ただし, 流域単位での水質評価を目的としたシステムの操作には, 解析に要する地図データ, 統計データ等の収集およびデータ入力を含めると, 最低半年間の研修が不可欠と思われる。

### 問合せ先

農業環境技術研究所・化学環境部・栄養塩類研究グループ・水質保全ユニット 板橋 直  
 電話: 029-838-8327, E-mail: sunaita@niaes.affrc.go.jp