

インターネットで利用できる 畑土壌窒素収支推定システムの開発

菅原幸治^{*1}・上田義治^{*1}・古江広治^{*3}・草場 敬^{*2}・三浦憲蔵^{*2}

目 次

| | | | |
|-------------------|-----|----------------|-----|
| I 緒言 | 99 | 7. インターネットでの公開 | 102 |
| II システム開発の概要 | 100 | III 考察 | 103 |
| 1. システム構成 | 100 | 1. 本システムの利点 | 103 |
| 2. 窒素無機化特性値データベース | 101 | 2. 利用上の注意点 | 103 |
| 3. 作物別養分吸収量データベース | 101 | 3. 今後の課題 | 103 |
| 4. アメダス気象データベース | 101 | IV 摘要 | 104 |
| 5. 土壌窒素収支計算プログラム | 101 | 引用文献 | 104 |
| 6. Webインターフェース | 102 | Summary | 105 |

I 緒 言

近年、減農薬・減化学肥料栽培の野菜に対する消費者の関心が高まっている。一方、生産現場においては、化学肥料等の多投による肥料成分の土壌への過剰集積ならびに河川や地下水への漏出が問題となっている。従来より地域単位で作目ごとの施肥基準が設けられているが、基本的に一定の収量や品質を確保できることを主眼として施肥量が定められている。実際には個々の圃場の地力にばらつきがあるために基準どおりの施肥管理であっても投入過多となる場合が多い。特に窒素成分については硝酸態窒素による環境負荷の面で問題となっており、各地の生産現場では圃場にあわせた窒素投入量の適正化が重要課題の一つとなっている。しかし、それを推し進めていくためには、農家各自の圃場、作目、作型ごとに土壌の窒素収支を推定しながら適正な窒素投入量を判断して、より合理的な施肥管理の指導ならびに実践を行う必要がある。

パーソナルコンピュータが普及してきた当初より、圃場ごとの施肥管理を支援するためにコンピュータを用いて土壌中における肥料成分量のデータを分析する研究が進められてきた。これまでに、土壌診断のためのデータ処理プログラムがいくつか開発されている(藤原⁽¹⁾、安田⁽²⁾)。これらの主な機能は、圃場の土壌診断で得られたデータを入力すると肥料成分の過不足が表やグラフ等で提示されることであり、ユーザは得られた結果をもとに施肥管理の判断を行う。ただし、あくまで土壌の実測データを入力してその集計や分析を行うためのプログラムであり、気象条件による影響や、土壌から有機質の無機化による窒素の発現量を推定する機能はなかった。

土壌や有機質資材における有機態窒素の無機化量を推定する手法としては、金野・杉原⁽³⁾、杉原ら⁽⁴⁾、あるいは斎藤⁽⁵⁾により報告された温度変換日数法によるモデルが広く知られている。これらは、反応速

平成14年9月27日受付 平成15年1月28日受理

^{*1}農業情報研究部

^{*2}土壌肥料部

^{*3}鹿児島県農業試験場

度論的手法を用いて経時的な地温のデータをもとに窒素無機化量を計算するものである。各地の研究機関ではこれらのモデルを利用して土壌や有機質資材の培養試験による窒素無機化特性の研究調査が行われており、全国各地で採取された多数の試料について窒素無機化特性値、すなわちモデルのパラメータ値が算出されている。そのような状況をふまえ、古江・上沢⁽²⁾は、全国の国公立農業関係研究機関を対象としてアンケート調査を実施し、土壌および有機質資材の窒素無機化特性値に関するデータの収集ならびに取りまとめを行った。

一方、窒素無機化モデルをもとにして土壌あるいは有機質資材における経時的な窒素無機化量を推定するコンピュータプログラムが開発されている(金野⁽⁶⁾、古江⁽²⁾)。これらは、各地の研究機関等において主に研究目的で利用されてきた。しかし、プログラムは基本的にスタンドアロンでのみ動作するものであったため、プログラムを利用するにはコンピュータ1台ずつにインストールしなければならなかった。このことから、農家あるいは普及センターのレベルにおいて、現場での施肥支援を目的としてプログラムが活用されるケースは少なかった。

近年、インターネット、特にWWW (World Wide Web) の利用が急速に普及している。それにともない、WWW を通じて多数の利用者との双方向通信により

データ処理を行うプログラム、いわゆるWebアプリケーションが数多く提供されるようになり、電子掲示板や電子商取引など多種多様なサービスを担うシステムとして利用されている。そのため、農業のためのプログラム、さらには生産支援システムについてもWebアプリケーションとして構成し、インターネット上で利用できるようにすれば、これまで以上に広く普及させることが可能であると考えられる。

本研究では、関東平野における露地野菜生産において環境保全型の窒素施肥管理の支援を主たる目的として、畑圃場における土壌中の無機態窒素の収支を推定できるコンピュータシステム「土壌窒素収支推定システム」の開発を行った。本システムはインターネットを通してどこからでも利用でき、ユーザのコンピュータにインストールする必要のないWebアプリケーションの形とした。構成上の特徴としては、窒素無機化モデルを中心としたプログラム本体と、窒素無機化特性値データベース、作物の養分吸収量データベース、ならびに気象データベースを部品化して組み合わせることで、データベースへのデータ追加が可能となる増殖型のシステムとした。また、データベースのデータを利用して入力項目を選択形式にするなど計算を行う上での操作性をできるだけ簡素化することで、農家あるいは普及センターレベルにおいても広く利用可能なものを目指した。

II システム開発の概要

1. システム構成

土壌窒素収支推定システムの構成は、土壌および有機質資材の窒素無機化特性値データベース、作物別養分吸収量データベース、アメダス気象データベース、それらのデータを組み合わせてモデルによる土壌窒素収支の推定値計算を行う本体プログラム、ならびに条件設定や計算結果をWebページとして表示させるプログラムのWebインターフェースとした。その概要を図1に示す。また、システム開発にあたってのWebサーバのハードウェアおよびソフトウェア環境は表1のように構成した。ハードウェアにはパーソナルコンピュータとして一般的なAT互換機を使用し、ソフトウェアについても広く普及しているMicrosoft (以下MS) 社の製品群を使用した。

表1 土壌窒素収支推定システムのハードウェアおよびソフトウェアの開発環境

| | |
|------------------|--|
| ハードウェア | |
| コンピュータ機能 | Gateway2000 G6-233 |
| プロセッサ(CPU) | Pentium II 233MHz |
| 搭載メモリ(RAM) | 320MB |
| ソフトウェア | |
| オペレーティングシステム(OS) | Microsoft Windows 2000 Server |
| Webサーバソフト | Internet Information Service (IIS) 5.0 |
| データベースソフト(DBMS) | Microsoft Access 2000, ODBC |
| サーバサイドスクリプト | Active Server Pages (ASP) 3.0 |
| クライアントサイドスクリプト | JavaScript 1.2, HTML |

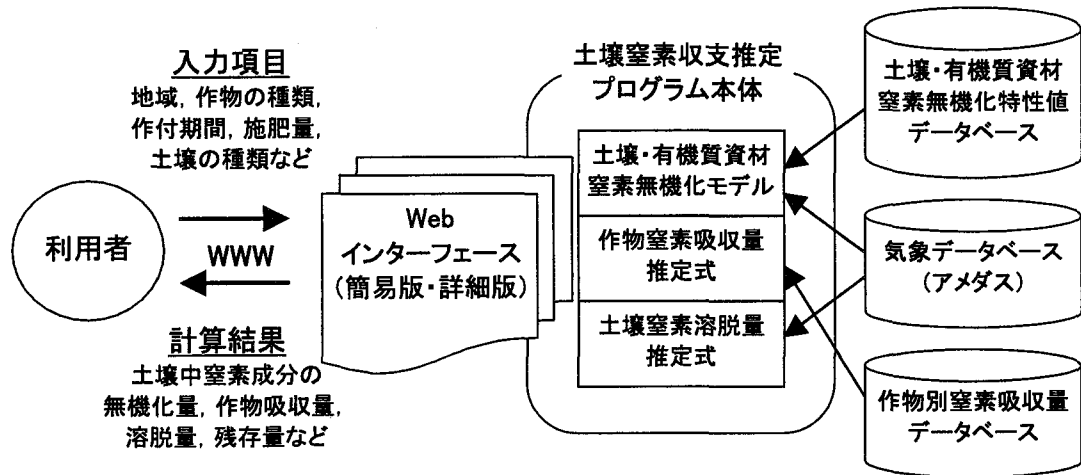


図1 土壌窒素収支推定システムの全体概要

2. 窒素無機化特性値データベース

土壌・有機質資材の窒素無機化特性値を全国的に集計した資料（古江・上沢⁹⁾）をもとにして、土壌・有機質資材の窒素無機化特性値データベースを構築した。その際、表計算ソフトウェアMS ExcelでつくられていたオリジナルのデータファイルをリレーショナルデータベースソフトウェアMS Access 2000のファイルに移植した。なお各データの内容は、土壌あるいは有機質資材の種類、試料の採取地、ならびに窒素無機化モデル（一次あるいは零次反応式）のパラメータ値となっている。

3. 作物別養分吸収量データベース

全国の研究機関を対象に主要作物の養分吸収量に関する試験データの収集ならびに集計が行われている（尾和⁸⁾）。その際まとめられた資料をもとに、野菜類における窒素吸収量のデータを抜き出して作物別に収穫物重量あたりの窒素吸収量を集計した。これらのデータをMS Access 2000のファイルに入力してデータベースを作成した。

4. アメダス気象データベース

農林水産省研究計算センターのデータベースサーバより、茨城県および千葉県内のアメダス観測地点における日別平均気温および降水量のデータをダウンロードし、カンマ区切りテキスト (CSV) 形式で1地点1ファイルとしてWebサーバ内に保存した。MS Windows 2000に付属するODBC機能を利用する

ことでこれらのファイルをデータベース化し、任意の期間における気温と降水量のデータをプログラムに読み込めるように設定した。

5. 土壌窒素収支計算プログラム

窒素無機化モデル式、作物の窒素吸収量の推定式、土壌窒素溶脱量の推定式を組み合わせ、作物の作付け期間における土壌中の窒素収支を計算するプログラムを作成した。このプログラムの仕様は以下の通りとした。

窒素無機化モデルとして、一次反応式（単純型¹⁰⁾（式[1]と[2]）あるいは零次反応式¹⁰⁾（式[1]と[3]）を使用する。土壌あるいは有機質資材について指定されたパラメータ値と作付け期間中の日別平均地温をもとに、期間中の窒素無機化量を計算する。

$$k = A \exp(-Ea/RT) \quad [1]$$

$$N = N_0 (1 - \exp(-kt)) \quad [2]$$

$$N = kt \quad [3]$$

k：反応速度定数 Ea：見かけの活性化エネルギー
R：気体定数 T：絶対温度 A：定数
N：培養時間t日における窒素無機化量
N₀：易分解性窒素量

作物の窒素吸収量は、作物の収量に収穫物重量あたり窒素吸収量をかけて求める。無機窒素の施肥量に土壌および有機質資材由来の無機化量を加え、作物の吸収量を引いた値が土壌中の無機窒素収支となる。無機窒素の溶脱量の計算は草場・古江⁹⁾の報告をふまえ、作付け期間中の土壌浸透水量の積算値に係

数をかけて溶脱率を算出し、これに土壌の無機窒素収支をかけて求める。無機窒素収支から溶脱量を引いた値が土壌残存量となる(図2左、計算結果)。なお、窒素無機化量の計算で用いる地温データはアメダスデータの日平均気温から、窒素溶脱量の計算で用いる土壌浸透水量は同じく日降水量から、それぞれ一次回帰式で簡易的に推定する⁹⁾。

6. Web インターフェース

システムのWebインターフェース、すなわち計算の条件設定あるいは結果表示をWebページ上で行うためのプログラムは、利用者に応じて簡易版ページと詳細版ページの2種類を作成した。

簡易版ページ(図2左)では、提示されたアメダス観測地点、作付けする作物の品目、作付け期間、窒素施肥量、土壌の種類などを選択するだけで比較的簡単に計算を実行できる。特に、作付け作物、有機質資材、土壌の組み合わせをユーザが選択しやすいように、データベースの中から代表的な作物11種(ニンジン、ダイコンなど)、有機質資材16種(牛糞堆肥、豚糞堆肥など)、土壌6種(腐植質黒ボク土、低地土壌グループなど)が提示される設定し

ている。さらに作付け作物のいずれかを選択すると、その作物に対応する窒素施肥量、有機質資材投入量、ならびに収量の目安が自動的に表示される。窒素収支の計算に用いる各パラメータの値は、ユーザが計算を実行する際に、選択した項目に対応するデータが自動的にデータベースから読み出される。

詳細版ページ(図2右)は主に研究者向けであり、土壌・有機質資材の窒素無機化モデル式、ならびに作物の窒素吸収量や土壌の窒素溶脱量を求める式の各パラメータ値をユーザが任意に入力して計算できる。また、データベースに登録されている土壌58種類ならびに有機質資材52種類のいずれかを選択すると、それに対応するパラメータの値が参考値として入力枠に表示される。なお簡易版と詳細版の両ページにおいて、窒素無機化特性値データベースに登録されているパラメータの値を土壌あるいは有機質資材の種類ごとに表示できるようにしている(図2右)。

7. インターネットでの公開

土壌窒素収支推定システムは、現在中央農業総合研究センター内に設置しているWebサーバを通じて

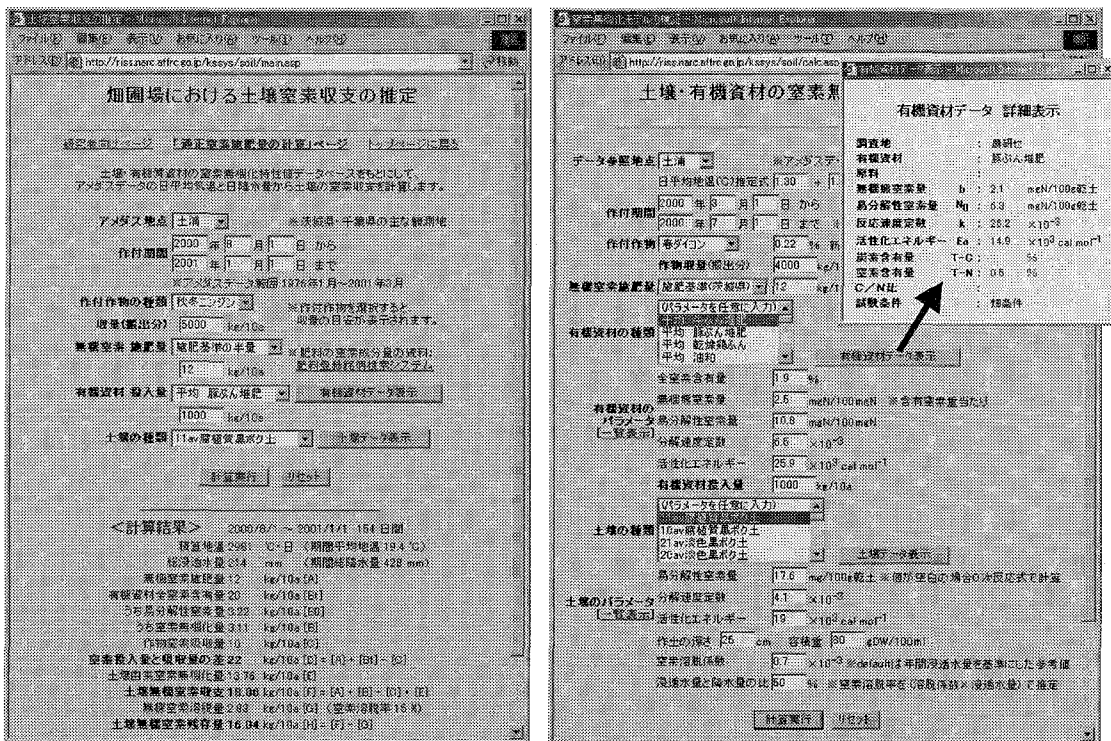


図2 土壌窒素収支推定システムのWebブラウザ画面
左：簡易版ページ(計算結果表示) 右：詳細版ページ(パラメータ設定)

WWW上で公開している。Webサイトの名称は「畑圃場における土壌窒素収支の推定」としており、表紙ページにはシステムの解説ならびに参考資料の情報を掲載している。インターネットに接続できる環境であれば、Webブラウザを使って下記URLのシステムの表紙ページにアクセスすると利用することができる。表紙ページにある「システム入口」のリンクをクリックすると、推定計算を行うためのページ

(簡易版および詳細版)に移動する。

URL:<http://riss.narc.affrc.go.jp/kssys/soil/nitro.asp>

本システムに対応するWebブラウザは、Internet Explorer 3.0以上あるいはNetscape Navigator 3.0以上であり、現在普及しているWebブラウザのほとんどで利用可能である。また、データの送受信ならびに計算処理に要する時間は、ダイヤルアップ接続(56kbps)の場合でも数秒程度である。

Ⅲ 考 察

1. 本システムの利点

現在、土壌肥料関係に限らず農業における生産支援を目的としたコンピュータプログラムで、インターネット上で誰でも利用できるものは、まだ数が限られている。近年インターネットの利用が一般化してきたことで、農業関連の行政・研究各機関もそれぞれ独自のWebサイトを作成するようになってきている。そのような背景からも、今後はインターネットに対応した各種の生産支援システムの需要が高まるものと考えられる。本研究で開発された土壌窒素収支推定システムは、インターネット対応の先駆的なプログラムであるだけでなく、農家を含む一般のユーザを対象として計算実行の操作を簡便化したWebインターフェースを備えている。さらに各部分のプログラムとデータベースが部品化された上で組み合わされており、個々に改良を加えることが可能である。以上のような本研究の手法は他のプログラム開発においても応用できるものと考えられる。また、本システムの特徴として、基本的に既存の研究報告や資料をプログラム化ならびにデータベース化することによって構築されており、研究成果を生産現場で活用する形態の一つともいえる。

土壌中の窒素動態を推定するモデルには、本システムで用いたモデルの構成に比べて、より複雑でかつ理論的なものが欧米で開発されている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。しかし複雑なモデルでは、生産現場における多様な圃場条件に適用しようとするとその分未知のパラメータが多くなることで、むしろ推定の精度が低くなる場合もあると考えられる。このことから本システムでは、計算に必要なパラメータができるだけ少なくすむようにモデルの構成をあえて簡略化している。

2. 利用上の注意点

本システムは、計算のためのモデルを簡略化しているほか、現在データベースに登録されている土壌・有機質資材の無機化特性値データ⁽⁶⁾が多様な条件をカバーするにはまだ不十分であり、算出される土壌窒素収支の推定値に十分な正確さを期することは難しい。ただし、本システムはインターネット上で比較的簡単に利用できることに特化しており、環境負荷の低減のためには圃場条件にあわせた施肥量の適正化が必要であることを農家に理解してもらうツールとして活用されることが望ましい。

本システムの利用にあたっての注意点として、特に簡易版ページでは、データベースにあらかじめ登録されている土壌や有機質資材をユーザが選択してその窒素無機化特性値をモデルの計算に使用するため、算出される結果はあくまで参考値である。実際の施肥管理においてシステムを利用する際には、圃場条件によって計算結果があてはまらない場合があることに留意する必要がある。なお、土壌・有機質資材の窒素無機化特性あるいは作物の窒素吸収などについて実測データにもとづくパラメータ値がわかっていれば、詳細版ページを使用して、よりの確な推定計算が可能となる。また、現段階のシステムは一作ごとの土壌窒素収支を計算する仕様になっているが、前作の土壌残存量を次作の施肥量に上乘せして計算を実行すれば、その圃場の作付履歴に応じた土壌窒素収支の推定も可能である。

3. 今後の課題

土壌窒素収支推定システムについては、現在、都道府県の研究者や普及員等の関係者に試用してもらい、モニター調査を進めている。寄せられた意見や

改善点をもとに、全国対応のシステムとするべく推定結果の検証ならびにシステムの改良を行っていく予定である。また、今後も継続して全国から土壌・有機質資材の窒素無機化特性データを収集し、多様な土壌環境に対応するよう本システムのデータベースを拡張していく必要がある。

本システムの開発にあたって、各部分のプログラ

ムならびにデータベースが部品化されており、それらの組み合わせによって全体的なシステムが構成されている。そのため、各部分ごとに改良を行うほかに新たなプログラムあるいはデータベースを順次付加あるいは拡張することで、総合的な施肥管理支援システムとしていくことが望まれる。

IV 摘 要

圃場ごとの合理的かつ適正な施肥管理の支援を目的として、インターネット上で窒素無機化モデル等と気象データを組み合わせて畑土壌中の無機態窒素の収支を推定計算するWebアプリケーションシステムを開発した。

本システムの構成は、全国的な調査による資料をもとに作成された土壌および有機質資材の窒素無機化特性値データベース、作物別養分吸収量データベース、アメダス気象データベース、これらを組み合わせて土壌中の窒素収支を計算する本体プログラム、ならびにWebインターフェースとした。土壌窒素収支を計算するプログラムは、窒素無機化モデル式、

作物の窒素吸収量の推定式、土壌窒素溶脱量の推定式により構成した。システムのWebインターフェースは2種類作成した。簡易版ページでは、アメダス地点、作目、作付期間、施肥量、土壌の種類などを選択するだけで比較的簡単に計算を実行できる。詳細版ページでは、各モデル式のパラメータ値を任意に入力して計算できる。

土壌窒素収支推定システムはWWW上で公開されており、インターネットに接続できる環境であればWebブラウザを使って利用することができる。現在モニター調査を進めており、今後もシステムの改良ならびにデータベースの拡張を継続して行う。

引 用 文 献

1. 藤原俊六郎 (1985) パソコンによる土壌診断システム. 農及園, 60, 853-859
2. 古江広治 (2001) 有機性資材の窒素無機化量の推定. 圃場と土壌, 平成13年10・11月特集号, 72-77
3. 古江広治・上沢正志 (2001) 反応速度論的手法での土壌および有機質資材の有機態窒素の無機化特性値データ集—アンケート調査とりまとめ—. 農研七資料, 43, 1-50
4. 長谷川 浩 (1998) 圃場試験における土壌—作物系包括的シミュレーションモデル[2]. 農及園, 73, 1317-1321
5. 長谷川 浩 (1999) 圃場試験における土壌—作物系包括的シミュレーションモデル[10]. 農及園, 74, 915-920
6. 金野隆光 (1983) 非線形モデルの当てはめ, 土壌肥料試験研究のための統計計算用BASICプログラム. 農技研化学部資料, 1, 79-111
7. 金野隆光・杉原 進 (1986) 土壌生物活性への温度影響の指標化と土壌有機物分解への応用. 農環研報, 1, 51-68
8. 尾和尚人 (1996) わが国の農作物の養分収支. 環保農研連ニュース, 33, 428-445
9. 草場 敬・古江広治 (2002) 養分収支に基づく農耕地への有機質資材投入量の決定手順. 日本土壌肥料学会講演要旨集, 48, 116
10. 斎藤雅典 (1988), 零次反応モデルによる畑土壌の窒素無機化量の推定. 東北農試研報, 78, 155-160
11. 杉原 進・金野隆光・石井和夫 (1986) 土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法. 農環研報, 1, 127-166
12. 安田典夫 (1987) 土壌情報のシステム化に関する研究 (第1報) 土壌診断のパソコン利用. 三重農技セ研報, 15, 39-5

Software System for Soil Nitrogen Balance Estimation on the Internet

Koji Sugahara^{*1}, Yoshiharu Ueda^{*1}, Koji Furue^{*3}, Takashi Kusaba^{*2} and Kenzo Miura^{*2}

Summary

To support rational fertilization management on upland farms, Internet-based software was developed to estimate the soil mineral nitrogen balance in response to fertilizer applications, cropping, soil conditions, and climate conditions.

The system was comprised of a database of nitrogen mineralization parameters in soils or organic fertilizers based on a nationwide survey, a database of crop nutrient uptake parameters, soil nitrogen dynamic models, an AMeDAS meteorological database, and Web interface programs. The models to calculate soil nitrogen balance was comprised of nitrogen mineralization models, a crop nitrogen uptake model, and a soil nitrogen leaching model. Two versions of Web interface programs were developed, using Microsoft server products. In the simple version, users can run the models easily by entering an AMeDAS geological point, a vegetable crop, cropping period, amount of fertilizers, and a soil group. In the detailed version mainly for researchers, users can optionally enter parameter values for the soil nitrogen dynamic models. The *Soil Nitrogen Balance Estimation System* is open to the public on WWW (<http://riss.narc.affrc.go.jp/kssys/soil/nitro.asp>).

Nitrogen dynamic model parameters from a wider range of sites are required for the system in order to estimate the nitrogen balance under various regional soil conditions. Now, in cooperation with prefectural researchers mainly, system improvement and data collection are being continued.

Received: 28 January, 2003

^{*1} Dept. of Information Science and Technology, National Agricultural Research Center

^{*2} Dept. of Soils and Fertilizers, National Agricultural Research Center

^{*3} Kagoshima Agricultural Experiment Station