

水田作一筆圃場管理における土壌診断システムの開発研究

小林 一*、松村一善*、酒井美幸*、上甲尊裕*

平成 12 年 6 月 30 日受付

*鳥取大学農学部経営情報科学

Development of the Computer System on Soil Analysis for the Field Management of Paddy Farm

Hajime Kobayashi, Ichizen Matsmura*, Yoshiyuki Sakai*, Takahiro Jyokou*

**Department of Agricultural Management and Information Science, Faculty of Agriculture, Tottori University,
Tottori 680-8553, Japan*

We have developed the computer system that used a GIS. The purpose of this system is to support a land use of the large-scale paddy farm. This system makes a blank map that took the map of the paddy field by the use of PC, and the various kinds information of the paddy are able to be displayed on the blank map. We progressed a existing research, and developed the soil diagnosis system. This research is for the purpose of contributing to improve the production efficiency of the paddy field, and to be complete soil/cultivation control with the paddy.

The main characteristics of this system are in the following point.

- 1) The user can use effective the soil diagnosis analysis result very effectively, by interlocking the soil analysis value and blank map.
- 2) The system contrasts the result of soil analysis with the goal value and displays the excess and deficiency of a main component. The measure of necessary fertilization control is shown.
- 3) By utilizing the analysis of a community unit, we can make use of it for group guidance.
- 4) The user is able to use the soil diagnosis analysis result coordinated with the data other than record etc. of with the made, and is able to carry out the control of a planned crop in accordance with the land condition, by using this function. (Received 30 June 2000)

Key words: farm management, soil analysis, paddy farm, software for the personal computer

緒 論

GATT から WTO 体制への移行により、国内の水田農業に

は貿易自由化による影響が強く現れるようになり、従来にも増して生産性の向上による高品質生産と生産コスト削減の追求が求められるようになった。そのため、農家間共

同にもとづく集団的土地利用の推進による経営土地基盤の整備と、基本技術を徹底した生産管理の高度化が課題となっている。日本稲作は、いっそうの機械化や化学化の推進を通じて労働生産性を高めてきているが、生産費の低減に関しては芳しい成果をあげておらず、良食味米生産による外国産米との商品差別化と生産費低減が直面する課題となっている。また、食料自給率向上の観点から水稲と麦類、大豆、飼料用作物等の基幹的作物を組み合わせた水田高度利用技術の確立が課題として再浮上してきている。

地域の水田農業の担い手として着目され、その育成に力が注がれているのが個別の大規模水田作経営や、農業集落を基礎単位にしながら農業者による生産組織化を通じた地域営農集団の育成である。これらの個別や集団による大規模水田作経営の育成には、圃場単位での農家同士の権利調整にもとづく利用権集積が重要な役割を担っている。そして、大規模水田作経営においては、耕作面積の拡大に対応しながら、農作業や栽培管理等の生産管理における技術の質的低下を防ぐことが重要な経営問題となっている。一般に、耕作規模が拡大すると、水田の筆数が増加するばかりでなく、圃場分散が進んで生産管理のための諸技術の質的低下を招来させる傾向が強い。大規模水田作経営での規模拡大に付随するこうした問題を克服するために農用地の団地的利用の推進が求められており、農産物の高品質生産に応える適期作業の確保、施肥や水管理による適正な肥培管理の実施等が、労働生産性の追求と並んで生産管理上の要点となっている。

個別や集団による大規模水田作経営の運営においては、上記のように高生産性の低コスト生産を推進するために、生産手段としての水田の一筆圃場に対する周到な生産管理が要請される。こうした課題に応える目的で鳥取大学農学部生産情報システム学研究室では、「水田作の一筆圃場管理システム」の開発研究を実施してきている。本研究は、パーソナルコンピュータ（以下、パソコンと略称）を用いて、圃場図をコンピュータ上に取り込み、一筆ごとの水田圃場単位での所有と利用に係わる情報をデータベースとして蓄積し、それらを地図上に表示させて視覚的に利用するにより、農業者の計画的な作付けや農作業の実施に役立てることを目的としている。そして、こうした計画的な土地利用を通じて、農用地利用調整にもとづく耕作規模の拡大と団地的土地利用を効果的に進め、中大型機械化体系の下での生産管理を集約的かつ効率的に実施して高い生産性を実現し、大規模水田作経営の発展に資することを目標とする[3,4]。本システムは、現在、各産業分野で研究開発が続けられているGIS（地理情報システム）の一種である。

こうした研究目的に添って、今回、「水田作の一筆圃場

管理システム」の一部分を構成する土壌診断システムを開発したので、その成果について論述する。

なお、土壌診断は作物に対する適正な土壌環境を確保することをねらいとして実施されるもので、土壌中の養分量を計測し作付作物との関係をふまえて、施肥や水管理法等を包含した土壌管理のあり方を提示するものである。近年では、土壌診断は作物栽培の目的からばかりでなく、人間生活に直結する地下水汚染防止等の環境保全の視点を取り込みながら研究が実施されるようになってきている。こうした土壌診断の研究分野において、GISを活用したパソコン用ソフトウェアの開発研究は途上にあり、生産現場で実際に供されているシステムは今のところ国内には見あたらない。その点で、当該研究は土壌診断機能を搭載したパソコン用の圃場管理システムとして、実用化研究の先端部分に位置するものである。

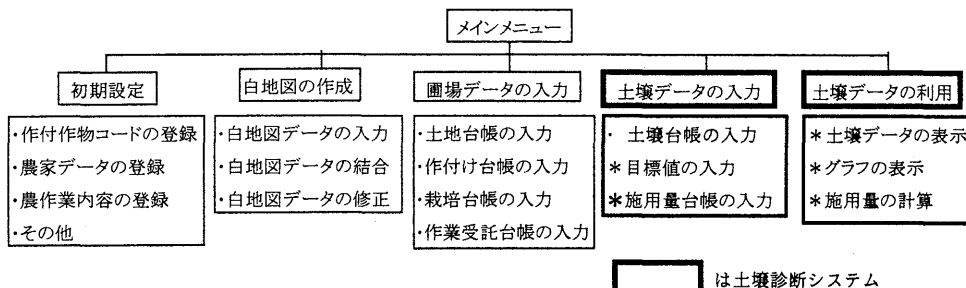
本研究では、酒造好適米の山田錦の主産地である兵庫県から三木市東農業協同組合（以下、JA三木東と略称）の協力を得て、水田作の稲作を中心にした土壌診断システムを開発した。JA三木東では、兵庫県の系統農協が統一的に採用した乾土法による土壌分析法を用いて、管内全域の水田圃場に対して標本調査を実施し、基幹作物である水稲の山田錦の生産指導に重点的に利用してきている[2]。当農協では、従来は土壌診断の結果を作表分析によって示すだけであったが、「水田作の一筆圃場管理システム」によって地図情報と土壌診断データを連結させることによって有効利用をはかることを企画した。今回開発したシステムは、JA三木東に対応させたものであるが、土壌養分の対象名や数値表示のための分級法を変更すれば、地目や作物を変更しても他地域で十分に適用が可能であり、利用上の一般性を有すると判断できるので、研究成果として公表する。

なお、本システムの主な利用対象者には農業指導機関を想定しているが、パソコンによる情報処理能力を有し、関心の高い農業者であれば利用可能である。

システムの開発環境

本システムの開発・利用環境は、以下の通りである。

パーソナルコンピュータ：NEC NX60J（メインメモリ 640KB+プロテクトメモリ 64MB、ハードディスク 6.4GB）
CRT：ナナオ T760（解像度 1024×768・256色）
デジタイザー：グラフィック KW5100（読み取り可能範囲 950mm×645mm・分解能 0.1mm）
OS：Microsoft Windows98
言語：Microsoft Visual Basic Ver.6.0



第1図 「土壌診断システム」構成図

システムの構成

「水田作の一筆圃場管理システム」における土壌診断システムの構成は、第1図の通りである。

「水田作の一筆圃場管理システム」では、最初に、土地改良区等で作製されている圃場図をパソコンの周辺機器であるデジタルライザを用いてパソコンに取り込み、複数の圃場図を連結させて、旧字または町村範囲での白地図を作成する。そして、水田圃場一筆ごとの情報を土地台帳、作付け台帳、栽培管理台帳、受委託作業台帳をデータベースとして蓄積し、これらの圃場情報を白地図上にさせて経営あるいは地域単位での分析を実施し、個別や集団で大規模水田作経営を行う農業者の計画的土地利用に対する意志決定を支援する。

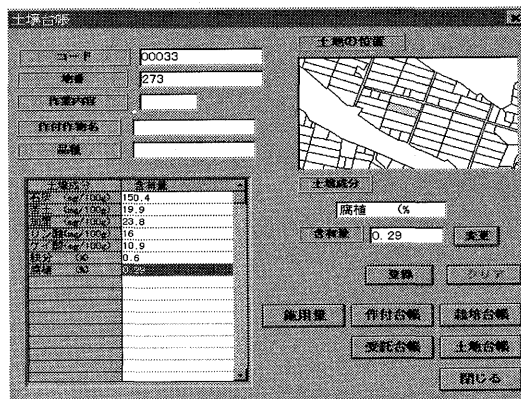
今回開発した土壌診断システムは、この一筆圃場管理システムに組み込んで利用するもので、当該システムの一部を構成する。土壌診断システムでは、開発済みの既存システムに対して、一筆ごとの土壌データを蓄積する土壌データと施用量台帳をデータベースとして追加し、それらのデータを白地図と連動させることにより、土壌診断結果の有効利用をはかる。

1. 土壌データの入力

土壌データとして入力するのは、土壌台帳と施用量の目標値、施用量台帳の3つである。

土壌台帳では、先に土壌分析装置を用いて計測されている土壌分析値の石灰、苦土、加里、リン酸、ケイ酸、鉄分、腐食の7種類の成分データ取り扱う。成分値は、石灰と加里、リン酸、ケイ酸については土壌100g中のmg重、鉄分と腐食については構成比の%によって示す。データ入力は、画面上に表示された白地図によって入力対象となる圃場を指定し、土壌台帳の入力画面に従って実施する(第2図)。

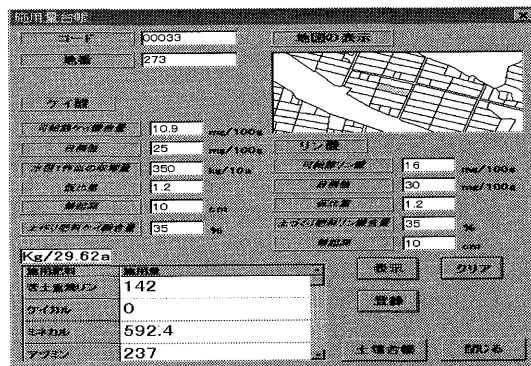
施用量の目標値は、石灰、苦土、加里、リン酸、ケイ酸、鉄分、腐食の7つの成分について、農業集落を単位にして設定されている数値を入力する。



第2図 土壌台帳

システムでは、入力した土壌台帳及び施用量目標値のデータを用いて、圃場一筆ごとに面積に応じた肥料の必要施用量を自動的に計算処理し、その結果を施用量台帳として作表して表示させる。各成分に対応する肥料には、リン酸質肥料として苦土重焼リン酸、ケイ酸質肥料としてケイカル、含鉄資材としてミネカル、腐植酸質資材としてアツミンを用いた。

なお、一筆単位の肥料施用量を算出するに際して、施用量台帳を用いて以下の指標についてデータ入力を行う(第3図) [1]。



第3図 施用量台帳

- 1) リン酸質肥料に関する入力項目
 - a : 可給態リン酸含量 (単位・mg/100g)
 - b : リン酸目標値 (mg/100g) c : 仮比重
 - d : 土づくり肥料リン酸含量 (%) e : 耕起深 (cm)
- 2) ケイ酸質肥料に関する入力項目
 - c : 仮比重 e : 耕起深 (cm) f : 可給態ケイ酸含量 (mg/100g) g : ケイ酸目標値 (mg/100g)
 - h : 水稲1作当たりケイ酸収奪量 (kg/10a)
 - i : 土づくり肥料ケイ酸含量

h (水稲1作当たりケイ酸収奪量) に関する考え方は、たとえば次の通りである。水稲のケイ酸吸収量 100kg/10a (玄米収量 500kg、玄米重 100kg 当たりケイ酸 20kg を吸収)、灌漑水からのケイ酸供給量 15kg/10a、還元した稲わらからの供給量 50kg (稲わら 500kg/10a、ケイ酸含量 10%) とすると、土壌からのケイ酸収奪量は、 $100 - 15 - 50 = 35\text{kg}/10\text{a}$ となる。

これらの指標値を用いて行う圃場単位での必要な肥料施用量の算出法は、次の通りである。

(1) リン酸質肥料

$$\text{リン酸質肥料施用量} = \frac{(b-a) \times c \times e}{10} \times \frac{100}{d} \quad (\text{kg}/10\text{a})$$

(2) ケイ酸質肥料と含鉄資材

土壌中の遊離酸化鉄含量を基準にして肥料資材を選択する (第1表)。

第1表 肥料資材の選択基準

| 土壌中遊離酸化鉄含量 | 土づくり肥料 |
|------------|--------|
| 0.8%未満 | 含鉄資材 |
| 0.8%以上 | ケイ酸質肥料 |

出典：J A 三木東『A Farmland Reform』

①ケイ酸質肥料の場合の算出法

$$\text{ケイ酸質肥料施用量} = \left(\left(\frac{(g-f) \times c \times e}{10} \right) + k \right) \times \frac{100}{i} \quad (\text{kg}/10\text{a})$$

②含鉄資材の場合の算出法

鉄分の分析値が 0.6%~0.8% 未満では 200kg/10a、0.4%~0.6% 未満では 300kg/10a、0.4% 未満は 400kg/10a を施用する。

3) 腐植酸質資材

腐食の分析値が 1.0% 未満では 80kg/10a、1.0~1.5% では 70kg/10a、1.5~2.0% では 60kg/10a、2.0~2.5% では 40kg/10a、2.5~3.0% では 30kg/10a、3.0% 以上では

20kg/10a を施用する。

2. 土壌データの利用

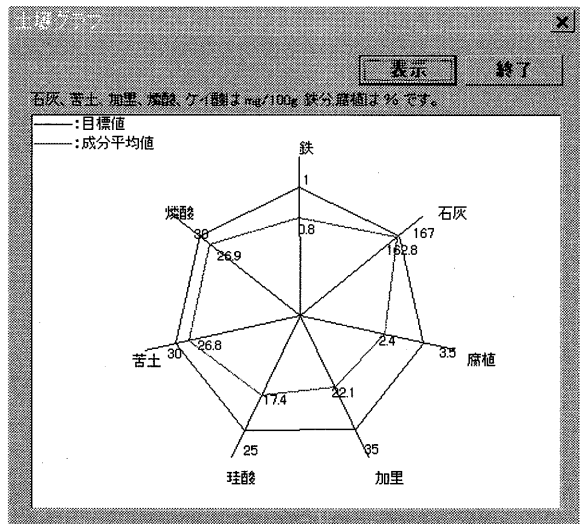
入力した土壌データを用いて土壌診断結果を白地図上等にわかりやすく表示させ、作付管理や施肥を中心にした栽培管理、土壌管理に役立てる。本システムでは、土壌データの利用として土壌データの表示、グラフ表示の2つの機能を備えている。

1) 土壌データの表示

土壌台帳に蓄積された土壌分析値をもとに圃場を色分け表示する。具体的な内容は、①土壌分析値の入力圃場、②一筆ごとの入力土壌分析値、③一筆ごとの目標未達成分の種類数、④一筆ごとの成分別含有量階級、成分階級別の圃場面積及び圃場枚数等である。

2) グラフ表示

土壌成分ごとに農業集落単位で平均値を算出し、レーダーチャートによって目標値と比較できるようにした (第4図)。また、J A 三木東管内の基幹作物である酒造好適米の山田錦の生育に対して大きな影響力をもつ土壌条件を考慮し、ケイ酸、腐食、リン酸の3つの成分に着目して地区ごとにそれらの平均値を算出し、棒グラフによって表示する (第5図)。

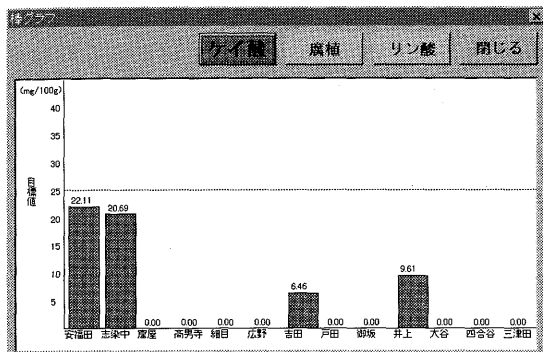


第4図 レーダーチャート

システムの適応事例

本システムの適応事例について、J A 三木東の志染支所を取り上げて考察する。

1999年度実績によると、当支所管内の水稲作付面積は 877ha で、そのうち山田錦の作付面積が 858ha と、全体の 97.8% の高率となっている。山田錦は、一粒が大きく心白が長細い形状を有しており、酒米として優れた特性を備え



第5図 棒グラフ (ケイ酸)

ている。その一方で長稈種であるため、ケイ酸不足による倒伏の可能性が高くなるという特徴をもっており、倒伏によってタンパク質含量が高まり、品質の劣化が引き起こされるために、窒素肥料の施用には気を配る必要がある。

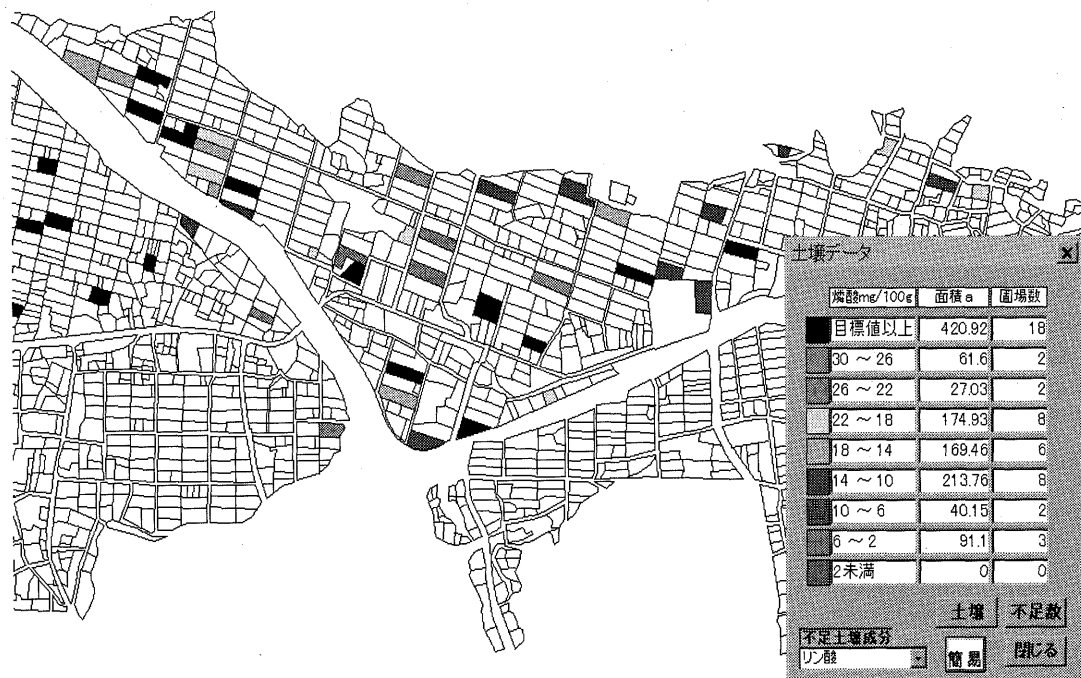
J A三木東では、山田錦のいっそうの高品質生産に努め産地間競争力を強めるため、水田の地力増進を目的として1999年に660筆の圃場で土壌分析を実施した。志染支所管内でも204筆の圃場で土壌分析を実施している。さらに今後3年間は同一圃場を対象にして土壌調査を継続していく計画である。

1995年農業センサスによれば、同管内の農家1戸当たりの平均経営耕地面積は73a、総農家数数570戸に対す

る第Ⅱ種兼業農家割合が87%となっており、小規模な水田作経営が多数を占める。そのため、長年の経験にもとづき適切な施肥管理を行う農家もあるが、兼業農家や高齢農家の中の総体的に営農意欲の低い農家にとっては、耕作地の土壌状態を的確に把握できず、適切な施肥管理が実施できていない状況が広範囲に認められる。農家間及び圃場間には施肥管理の状態にかなりの差異が認められる。そして、例年決められた同量の肥料を機械的に圃場散布している農家が少なからず存在しており、多収穫を追求する農民心理を反映して、多肥による養分過多の状態に陥っている圃場が一定割合存在する。

志染所管内全体における各成分の含有状態をみると、いずれの成分の平均値も改善目標値に達していないことがわかる(第4図)。ところが、その内訳を圃場単位で検討すると、圃場間の成分含有状態には大きな格差が認められる。たとえば、リン酸を例にとって成分含有量の階級別色分け表示を行ってみると、改善目標値の30mg/100gを上回る状態になっている圃場面積が全体の35%に達しており、他方で目標値の半分には達しない圃場面積が約30%存在する(第6図)。このように成分含有量の階級別色分け表示を用いると、管内全体での土壌状態が把握できると同時に、水田圃場一筆ごとの特徴を地図上により詳細に示すことが可能となる。

また、各成分量の改善目標値に対する過不足をふまえて、「施肥量台帳」を用いて不足状態にある成分に対応する肥



第6図 リン酸の階級別色分け表示

料の必要施用量を算出し、明示することができる(第3図)。これらの機能を使えば、土壌診断データを有する圃場に対して適切な施肥指導を行うことが容易となる。

ただし、第6図にみられるように一般に土壌分析を実施する圃場は、経費等の事情から点在する傾向が強い。こうした状況に対処するため、本システムではリン酸、腐食、ケイ酸の3成分について集落単位で平均値を算出し、棒グラフによって示すようにした(第5図)。この機能を使用することにより、地区単位での土壌特性を把握して、集団指導にあたることが可能となる。

利用上の留意点

本システムを利用するには、以下のような点に留意する必要がある。

- 1) 利用環境については、Ms-Windows95以上が動作可能で、1024×768・256色の解像度が確保されていることが必要である。
- 2) 圃場情報については、最大で2,000筆分を扱うことができる。ただし、縮尺が小さくなって利用する圃場図の面積領域が広がる場合には、それだけ画像データの情報量が大きくなるため、扱える圃場枚数が制限を受けることになる。
- 3) 作付情報の表示は、作物で20種類まで、各作物の品種についても同様に20種までの表示が可能である。

結 語

「一筆圃場管理システム」は、大規模水田作経営の圃場管理情報の高度利用を目的にして開発したパソコン用のソフトウェアである。本研究では、この水田作の一筆圃場管理システムに対して、土壌診断システムの機能を付加することをわらいとして開発に取り組んだ。開発した土壌診断システムの部分は、まだ本格的な利用段階には入っていないが、J A三木東の協力を得て実施した現地実証試験を通じて、以下のような適用効果の期待できることが明らかになった。第一に、土壌分析値を白地図と連動させて地図上に迅速に表示させることができ、土壌診断結果をわかりやすく有効利用することが可能である。とくに、土壌特性を地理的分布を通じて把握できることによるメリットが大きい。

第二に、本システムでは土壌分析値にもとづき、改善目標値との比較を通じて水田圃場一筆ごとの各成分の過不足の実態を明らかにし、肥料の必要施用量を自動的に算出表示する。この機能を用いることによって一筆ごとに適切な施肥管理を実施することができ、過剰施肥を回避して生産性の向上やコスト節減に結びつけることが可能となる。

第三に、土壌分析のサンプル数が比較的少なく、連続圃

場の状態で分析値を持たない場合でも、農業集落等の地区単位で集計を行って棒グラフで解析することにより、地区ごとの集団指導に役立てることができる。

第四に、土壌診断結果を一筆圃場管理システムが備えた作付台帳や栽培管理台帳、土地台帳等の他の情報処理機能と有機的に連係させて利用することにより、適地適作の原則にもとづく計画的な作付管理や栽培管理の実施に役立てることができる。とくに、土地利用調整にもとづく水稻の品種別あるいは転作物の団地的栽培が行われる場合には、本システムの利用効果が高まることが予想される。

なお、今後のシステムの開発課題について、本システムは稲作に関する土壌診断システムとして開発したが、施用量台帳と土壌台帳を改良すれば他作物に対しても適応が可能である。また、土壌分析値のみを地図上に表示させるだけでなく、作付台帳に格納されている圃場単位での農産物の収量や品質データとの相関関係等を解析する機能を開発することによって、栽培管理の稠密化をはかり生産性向上や生産コスト低減に寄与することができる。実際に、J A三木東と地域農業改良普及センターでは、土壌分析を行った圃場について山田錦の収量調査を実施し、特上品質の基準値であるタンパク質含量(7%)、整粒歩合(90%以上)、千粒重(27g以上)の4項目に着目してデータを収集し、土壌分析値との相関を調査中である。

謝 辞

本研究の実施にあたり、平成11年度文部省科学研究費補助金基盤研究(C)、並びに、兵庫県農業協同組合中央会からの平成10年度受託研究「情報システムを活用した集落営農活性化手法の研究」、同平成11年度受託研究「情報システムを活用した水田営農体制支援手法の研究」による支援を受けた。また、研究推進のために御協力をいただいたJ A兵庫中央会並びにJ A三木東に対し、厚くお礼を申し述べる。

参考文献

- 1) 兵庫県農業協同組合連合会、土壌診断関係業務資料、1999
- 2) J A三木東：A Farmland Reform, 1998
- 3) 小林一・酒井美幸：一筆圃場管理のためのマッピングシステム、鳥大農研報48, 113-119, 1995
- 4) 小林一・酒井美幸：パソコンによる水田作経営の「一筆圃場管理システム」の開発、システム農学13(2), 96-103, 1997