

# ファーミングシステム研究

Farming System Research

12  
2015

On-Farm Research ガイドブック



## 刊行に当たって

医学分野において疫学研究の重要性は論を待たない。国際疫学学会による「疫学」の定義は「特定の集団における健康に関連する状況あるいは事象の、分布あるいは規定因子に関する研究」とある。ここで「集団」のかわりに「地域」あるいは「経営」とし、「健康」のかわりに「農業」とすれば、農学における疫学研究、すなわち現地研究となるであろう。真に普及性の高い生産システムを創出しようとした場合、いずれかの過程で現地研究に取り組む必要があることから、その重要性は医学における疫学や臨床試験の場合と同様である。しかしながら、疫学については「倫理指針」があり、「臨床統計学」という分野があるなど、その進め方について一定の方法論が存在するのに対し、これまでのところ、農学における現地研究の手法を論じた書籍や著作はなかなかみあたらないような気がする。研究所や試験場内のほ場試験とは異なり、そこに「経営者」が介在し、かつ、ほ場の区画や管理も統一したものではないこと、また、研究室から遠く離れ、即座に適切な管理や迅速な調査を行うことができない位置にあることなどを考えると、現地研究に対応した方法論というものがあるべきではないか。疫学においてそうであるように、調査や実験の影響を直接被る（損害も含め）「経営者」が存在するのであればそこに「倫理」が必要であり、実験上の処理がなされ、反復間の誤差解析を必要とする以上は「統計的な手法」が持ち込まなければならないであろう。現地で迅速に測定できる簡便で必要な精度を有する調査手法の開発が研究実施上欠かすことができないだろうし、より自動化した遠隔操作による観察も重要な意味を持つに違いない。

本書は手探りながら、そうした農学における現地研究の方法論をとりまとめてみようとしたものである。不十分であることは認識しているが、まず、取っ掛かりを作ってみることにした。今日、営農現場の実態を把握しつつ、そこに所在するニーズをつかみだし、これに応え得る技術体系を開発、導入していくことが強く望まれている。これには的確な方法論に根ざした現地研究が必要と考える。また、課題に対応して現地研究を実施できる研究者を育成していくことも重要であろう。こうした取り組みを進める上で、方法論をとりまとめた書が欠かせないと考えた。以上のような我々の意図をご理解いただき、読者からはご批判、ご指摘を頂戴したいと思う。それらを反映させて改訂を重ね、より良いガイドブックに仕上げていきたい。

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
中央農業総合研究センター所長 寺島 一男



# ファーミングシステム研究

No.12 (2015)

## On-Farm Research ガイドブック

### 目次

1. 本書のねらい (渡邊 好昭) .....	1
2. 現地実証試験における試験計画の作成 (島田 信二) .....	3
3. データの収集方法	
1) 生育・収量データの収集方法 (渡邊 好昭) .....	8
2) 作業時間に関わるデータの収集方法 (大下 泰生) .....	10
3) 雑草の発生状況に関わるデータの収集方法 (渡邊 寛明) .....	14
4) 土壌データの収集方法 (淵山 律子) .....	22
5) 経営データの収集・整理方法 (梅本 雅) .....	29
4. 実証試験データの統計解析手法 (光永 貴之) .....	38
5. 現地実証試験の進め方と留意点 (渡邊 好昭, 大下 泰生, 関 正裕, 梅本 雅) .....	53
6. 場内試験及び現地実証試験の事例	
1) 場内ほ場における試験設計とデータ解析の実態 (浅井 元朗) .....	58
2) 現地実証試験データの収集・解析の実態	
(1) 横芝光町における省力水田輪作体系に関する実証試験 (大下 泰生) .....	66
(2) 龍ヶ崎市における水稻有機栽培に関する実証試験 (三浦 重典) .....	75
(3) 筑西市における大豆不耕起狭畦栽培に関する実証研究 (浜口 秀生) .....	79
(4) 上越市における水田輪作体系に関する実証研究 (関 正裕) .....	85
7. 今後の現地実証試験の方向 (島田 信二) .....	90



# 1. 本書のねらい

## 1) 刊行するに至った経緯

開発した技術がどのような気象条件、どのような土壌条件で効果を発揮する技術なのか、あるいは、作業体系や労働時間などの面で、生産者に受け入れられる技術になっているのかを明らかにしていくことが、開発した技術を普及するためには必要である。また、ただちに生産者に受け入れられる技術の開発が求められ、基本となる技術の開発だけでなく、周辺の技術も含めた技術体系を開発していく必要性が増している。さらに、技術開発を実施する機関の責務として、実際に利用でき、農家の経営に役立つ技術を開発することが求められることから、開発した技術の普及面積が評価につながっており、普及活動も研究開発機関の重要な仕事となっている。これらのことから、開発した技術を生産現場で実施する現地実証試験の必要性が大きくなっている。

その様な背景のもと、総合研究の方向について検討する総合研究試験研究推進会議（平成23年度）において現地実証試験の問題について検討した。現地実証試験では、生産者に受け入れられる技術の構築が必要であり、これを実施することで真に普及可能な技術開発ができるというメリットがある。逆に、現地実証試験では多くの反復がとれない場合が多く、統計的に有意性を示すことが難しく、論文としてまとめることができずに未発表になっているケースが多くある、という問題点が明確にされた。その中で、現地実証試験と言う制約された条件でも、実験計画法に基づき処理区を配置することで統計処理を行い、確かなデータに基づいて論文としてとりまとめることが可能であることも示された。同時に、現地実証試験には特有の問題があり、その解決のノウハウがあるが、これらの知識は整理されたものになっておらず、共有化もされていないことも明らかになった。

この現地実証試験特有の問題は、これを実施してきた限られた研究者だけにそのノウハウが蓄積されてきたが、今後、現地実証試験を拡大していくために、このノウハウをより多くの研究者に理解してもらい、利用してもらう必要がある。このために、本書を作成することとし、現地での仕事を数多く実施してきた研究者により執筆した。

## 2) 構成

このガイドブックは、以下のような構成となっている。

現地実証試験における試験計画の作成では、On-farm researchの基本的な特性とほ場、試験区設定の留意点について解説した。

データの収集方法では、生育・収量データ、作業時間に関わるデータ、雑草の発生状況に関わるデータ、土壌データ、経営データについて、それぞれ、現地実証試験においてデータを収集する方法、データを収集する上で注意すべき点、また、効率的にデータを取る方法について述べた。

実証試験データの解析では、実証試験で最も広く行われる実験計画法について、その基本的な

考え方から実際の解析までをわかりやすく解説した。

現地実証試験の進め方と留意点では、これから現地実証試験を始めるにあたっての候補地の選定から現地との交渉、また、現地実証試験を実施していく中での問題点の解決法などについて、失敗事例も含めて記載した。

場内試験及び現地実証試験の事例では、場内試験における試験設計とデータ解析について、雑草の試験を中心に、続いて実施する計画の現地実証試験を意識しつつ行った場内試験の設計と解析について述べた。現地実証試験データの収集・解析では、これまで中央農研で実施されてきた千葉県横芝町における省力的な水田輪作体系、茨城県龍ケ崎市における水稻の有機栽培、茨城県筑西市における大豆の不耕起狭畦栽培、新潟県上越市における2年3作水田輪作体系の4地域の現地実証試験について、それぞれの地域での試験設計と、あわせて、実証試験を実施していく上での問題点とその解決法について記載した。

最後に、今後の現地実証試験の方向では、これらの現地実証試験を踏まえ、今後の現地実証試験の在り方について述べた。

本書は、現地実証試験のノウハウを集積したガイドブックであり、おそらく、このような試みは初めてのものであろう。まず、現地実証試験を始める計画段階でこのガイドブックを読んでいただき、どのようなことに注意する必要があるか、確認をしていただきたい。その上で計画に問題点がないか、チェックをすることに利用していただきたい。また、現地実証試験の性格から、実際にはそれぞれの現場で、その時々違った問題が生じ、それを解決していかなければならないであろう。その時にこのガイドブックがヒントになれば幸いである。逆に、新たな問題をうまく解決できた時には、新たなノウハウとして、その経験をガイドブックに付け加えていただきたい。このガイドブックが2版、3版と改訂を重ねてより充実したものになるように、ご協力をお願いしたい。

(渡邊 好昭)

## 2. 現地実証試験における 試験計画の作成

### 1) On-farm research の分類

On-farm research としての試験研究の位置づけ、特徴は、次のように分類される。

ここでは、主に研究機関が実施する実験的な On-farm research の試験計画を中心に述べる。

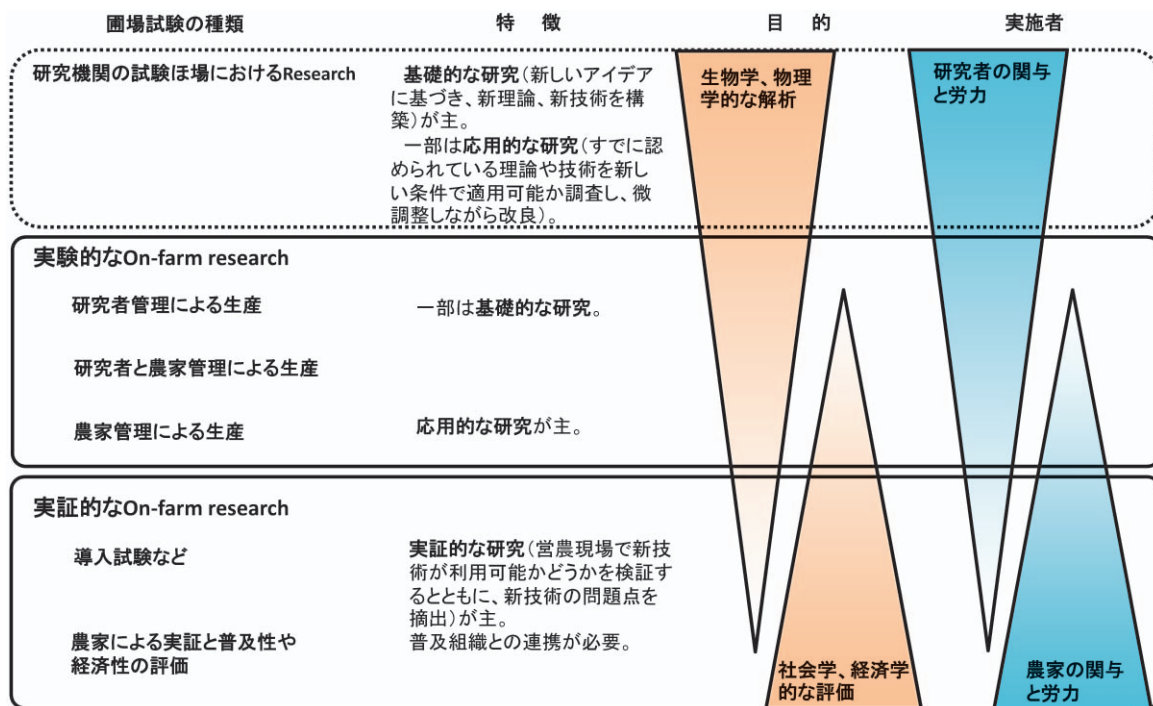


図2-1 On-farm research の位置づけ (Atta-Krah 1992<sup>1)</sup>, Lawrence ら2004<sup>2)</sup>より改変)

### 2) 研究機関の試験ほ場と現地農家ほ場の違い

研究機関の試験ほ場（以下、場内ほ場）と現地農家ほ場の試験研究における利点と欠点をあげると以下の通りになる。この利点、欠点を理解した上で研究目標と試験計画を立てる。

#### (1) 場内ほ場における Research

##### a) 主な目的

できる限り均一な栽培条件を作出して、各処理による生育、収量、品質等への影響を調査し、統計的手法を用いて主効果、交互作用等を解析することによって、各処理による効果を推測する。



#### b) 利点

比較的均一なほ場を用いて小規模な試験区を配置し、栽培管理（病害虫、雑草、肥培、耕種など）を入念に行うことによって、効果を調べたい処理以外の影響を極力排除でき、再現性のあるデータが得られる。この条件下では同一面積でも多くの処理を設けられるので、交互作用の検証も容易となる。

#### c) 欠点

人力による播種や収穫作業が主に行われ、利用される管理機械も現場とは異なることが一般的である。また、生産現場と同規模での作業体系や経営評価が困難である。そのため、その成果は、一般に直接的には生産現場へ利用できない。

### (2) 農家ほ場における On-farm research

#### a) 主な目的

場内ほ場では実験条件の設定が不可能な試験研究で、生産現場でなければ入手困難なデータを得るために実施される。例えば、起伏に富むほ場からの土壌流亡、現場で特異的に生じている病害虫、雑草などの発生状況把握やそれらの対策技術などがある。

場内ほ場等で得られている既知の情報や新技術が、実際の営農レベルのほ場規模や機械作業体系において有効であるかどうかを検証する。さらに既知の技術について、生産現場の環境に合わせた微修正を行うためにも実施される。

新たに開発された技術について現場の営農レベルで実施し、その経済性の評価や生じる問題点を把握することにより、新たな研究ニーズを得ることができる。

現地周辺の農業者に対する新技術普及の効果も併せ持つ。

#### b) 利点

通常の農家の生産ほ場に近い条件下で処理の比較ができる。

農家と同じ、あるいは新規に開発中の農業機械を利用するため、技術を直接、近隣の農家に導入できる。

現地でなければ得られないデータを得ることができる。

#### c) 欠点

一般には場内の土壌の化学性、物理性、水分、病害虫、雑草などの全てにおいて不均一である。主に農業機械による播種、収穫が行われるため、個々の処理区の規模が大きくならざるをえない。そのため、区内の不均一性が高まり、実験誤差が大きくなる。また、処理要因数や反復数を増やすことが困難である。

作物の生育、収量が不均一になり易いため、個々のデータの誤差が大きく、再現性がやや低い。

### 3) On-farm research におけるほ場、試験区設定の留意点

#### (1) 試験ほ場の選定

農家のほ場を試験に用いる際には、以下の点に留意する。

##### a) ほ場内の作付履歴や管理履歴が確認できること。

試験の前提条件として、ほ場の来歴を知ることは不可欠である。

##### b) ほ場内で土壌型が同一であること。

表層は同じ土壌でも下層が異なり、作物の生育に影響することもあるので注意する。基盤整備

により畦畔を取り払った場合は、その部分の生育が異なるので、試験区からは極力除外する。

c) 局所的に水が溜まったり、病虫害の発生が生じないこと。

可能であれば、試験を開始する1年以上前から選定を始めて、事前に候補となるほ場における各作物の生育状況を把握しておくが良い。水田を利用する場合、用水や漏水の問題があるので、試験年次に予定されている周囲の作付状況を把握しておくことも大切である。なお、現地試験では作物の生育、生産性の不均一性が一般に高く誤差が多くなり易いので、複数箇所を実施することが望ましい。

## (2) 試験区の構成

On-farm researchにおいても、そのデータは統計的解析を行い、科学的な解釈が可能としないければならない。それには、フィッシャーの3原則である反復(Replication)、無作為化(Randomization)、局所管理(Local control)について配慮が必要である。統計解析の詳しい説明は別章を参照されたい。ここでは、試験区の設定における留意点を述べる。

### a) 対照区の設定

試験で設ける対照区は、通常はその地域あるいは都道府県の農家が慣行で行っている栽培法が選ばれる。複数の農家ほ場で実施する場合は、対照区は全て同じ処理内容とする。また、対照区と処理の反復数は同じにする。

### b) 処理数(因子×水準)

現地試験に用いる農家ほ場は、研究機関の試験ほ場と比べて一般的には場内のばらつきが大きく、局所的に排水不良や病虫害などの障害も発生しやすいため、個々の試験区は比較的大きく取り、それら局所的な障害が出た箇所を除外して調査を行うことが多い。そのため、処理数は極端に多くしない方が良く、解明すべき目的に優先度を付けて絞り込むべきである。

### c) 反復数

反復は、環境による変動と実験誤差を取り除くために必要であり、同一ほ場内で3反復以上設けることが望ましい。

### d) 区の大きさと形状

現地試験では、農家が通常利用する農業機械を利用することが多いので、以下の点において留意が必要である。

#### (a) 処理区の形状が利用する機器に適合していること

播種機やコンバインなどの走行に沿って試験区配置を行う。

#### (b) 処理区内への各処理の実施は均一となること

走り出しは、散布が不均一になり易いので、番外の面積を多くとるなど、施肥や薬剤散布の際に均一に散布できるように配慮する。

#### (c) 各区への処理の実施が他の区に影響を与えないこと

個々の試験区において調査をしない番外を設けるなどして、薬剤防除や追肥処理等で他の区へ影響しないように配置する。

なお、農家の農業機械を利用した試験では、その走行方向に合わせて、長くて幅の狭い試験区とすることが多いが、その場合はどうしても試験区が長いために区内での変異が増大する。一般的に長辺方向に沿って徐々に生育が変化することが多いので、局所的に調査やサンプリングを行

う場合は、反復間で長辺方向に対して類似の位置関係にある箇所を調査対象とするなどの対応が必要である。

#### e) 処理区の配置

処理区の配置では、統計解析のため無作為化に注意が必要である。農家が利用している水田の場合は、通常は数10aから数haの比較的大きな区画であり、その中には、区画整備前には、古い畦畔、用水路、あるいは小川や沼などがあったところもある。そのため、同一ほ場の中でも土を掘り起こすと下層土の状態が大きく違うこともしばしばある。それらほ場では、場所によって作物の生育が大きく影響されることが多いので、農家からほ場の状況を事前に良く聞き、ほ場の状況を把握することが重要である。

ほ場の周辺部分は光条件が良く、根系の競合も少ないので、ボーダー効果が現れる。一方、ほ場周辺は害虫の被害に遭いやすく、いわゆるバラ転状態での試験では、周囲の水田から漏水してくることもあり、ほ場の周囲は中央部に比べて生育が異なることがしばしば見受けられる。そのため、ほ場周囲には比較的大きめの番外区を設けた方がよい。

乗用管理機による薬剤散布を行う場合、ブームの長さを考えて、走行部分が試験区の境界部分を通過するように配慮すると、サンプリング箇所を踏み荒らさなくて済む。

水田ほ場では、水口と水尻との間で、水稲作では水温がやや異なること、水田転換畑の場合は排水性が異なることなどから、水口から水尻にかけて作物の生育が徐々に変化することが多い。一方、畑地ではほ場が傾斜しているため、高低により干ばつ程度や地力が異なることもある。そのため、試験配置を行う際には、これら傾斜的な影響に対して、平行して試験区を組む方がよい。

残留農薬のポジティブリスト制度により、農薬散布時に周囲の異なる作物へ農薬が飛散しないように努めなければならないので、ほ場周辺はある程度余裕を設けて裸地にしておいた方が適期防除はより容易となる。

#### f) ブロック化

現地試験では、複数のほ場に分けて試験を実施したり、ほ場規模が大きくなって同一ほ場内で比較的まとまって類似の生育を示す場所が生じることがあったりする。このような際は、比較的類似の環境にある部分を1つのまとまりとして位置づけて、個々のほ場を、あるいはほ場内を一定間隔で区切り、それぞれをブロック因子として扱うことができる。各ブロック内においては、処理の一組をランダムに配置し、できるだけ均一になるように管理する。

### 4) その他の留意点

試験研究機関内のほ場では、一般に管理や調査が行き届いており、さらに長年の利用から個々のほ場の特徴も良く把握されているので、得られたデータについて、処理要因以外の影響について考慮することは比較的容易である。しかし、現地のほ場では、これとは基本的に正反対の条件にあるため、測定結果に影響を与える処理以外の要因を理解し、把握しておくことがデータ解析に不可欠となる。特にその影響がほ場全体で均一であれば問題がないが、ほ場内で不均一であると誤差が大きくなり解析に支障をきたす。

そのため、生産性に関係しそうな環境要因（土壌水分、土壌肥沃度など）は極力、調査しておいた方がよい。

現地試験では、機械播種時の種子の欠損、鳥害などがあり、苗立ちが不均一になり易いので、苗立ち調査は不可欠である。また、局所的な病虫害や滞水なども多いので、頻繁にほ場の観察を

行うことが肝要である。気付いた点があれば、その場所と状況、日付をメモしておく。症状によってはデジタルカメラで撮影しておくことで後でデータ解析を行う際の判断材料となる。

#### 引用文献

- 1) Atta-Krah, A.N. (1992) On-Farm Research. The AFNETA alley farming training manual-Volume 1: Core course in alley farming, available from<<http://www.fao.org/wair-docs/ilri/x5545e/x5545e08.htm>>, (accessed 2013-10-1)
- 2) Lawrence, D., N. Christodoulou and J. Whish (2004) Doing successful on-farm research. available from<[www.gga.org.au/files/files/1061\\_OFRFinal.pdf](http://www.gga.org.au/files/files/1061_OFRFinal.pdf)>, (accessed 2013 - 10-1)

(島田 信二)

## 3. データの収集方法

### 1) 生育・収量データの収集方法

本項では、収量の収集方法を中心に述べる。生育データの収集については試験の目的によって大きく異なるが、収量を説明するための生育データの収集が目的であれば、それぞれの収量構成要素が決まる時期にその要因が明確になるようなデータ収集を行うことが必要になる。

現地の実証ほ場で収量を調査する場合、できるだけ全刈り収量を測定する。全刈り収量は、大きな面積でのデータになるため信頼性の高いデータが得られる。また、技術を普及する際に農家が実感できる収量のデータであり、説得力のあるものとなる。

全刈り収量データが取れない場合には、坪刈り収量を測定する。その場合でも、できるだけ全刈り収量に近い値が得られるように注意を払う。坪刈りの収量がその試験区の代表値となるように、生育の中庸な場所でサンプリングする。

収量だけでなく、収量構成要素についても調査する。収量構成要素を明らかにすることで、収量差が生じた原因についての解析が可能となり、導入する技術の効果を明らかにできる。

収量、収量構成要素と併せて、栽培条件を記録する。また、生育状況や周囲のほ場の状況についていねいに観察し、記録を残す。導入する技術の影響だけでなく、実証試験を実施した地域、年次の作物の生育状況が分かるように写真に残すとともに、定量的な評価を行う。例えば、作物の生育状況、生育のむら、倒伏程度、雑草の発生状況、ほ場の排水施設、排水状況、土壤の乾湿、土壤の養分状況など、できるだけ数値化してデータを取る。

なお、播種日、播種量、投入資材の種類、量などの基本的な栽培方法についても調査し、記録に残す。また、土壤の基本調査も実施することが望ましい。

#### (1) 全刈り収量

試験区ごとにコンバインで刈り取りを行い、収穫物の重量および水分を計量する。収量の測定は、コンバインから運搬車に移し替え、運搬車ごとトラックスケールを使用して測定する方法。フレコンバックに移し、吊り秤で測定する方法。収量コンバインで測定する方法。共同乾燥施設に持ち込み、荷受け時の重量、水分測定値を利用する方法が考えられる。

重量測定と併せて一部をサンプリングして水分を測定する。携帯用水分計により現場で計測する方法。あるいはサンプリングして持ち帰り測定する方法がある。携帯型水分計は、偏りを生じることが多いので、重量法等による補正を行う。サンプリング材料は、チャック付きのポリ袋に入れることで、測定までの水分の変化を抑制することができるが、長期間高温で保存することは難しい。現地では、風通しの良い日陰に保存するなどの配慮が必要である。

広範囲のほ場の収量を測定する場合、GPS 記録装置と共同乾燥施設の荷受け時のデータから収量を推定することができる。コンバインと運搬車に GPS 記録装置を設置することで、時間を追って農業機械の走行軌跡を記録する事ができ、共同乾燥施設に持ち込まれる収穫物の生産され

たほ場が特定できる。このデータと、共同乾燥施設の荷受け時刻と収穫物重量、水分のデータから、ほ場ごとの収量をだまかに推定できる。この場合、コンバインから運搬車への排出を一筆ごとに実施してもらうことが前提になる。数筆のほ場をまとめて評価することで、生産者の負担を減らすことも考えられる。

収量構成要素を測定するために、別に坪刈りも行う。坪刈りを行えない場合には、収穫前に収量構成要素の一部を測定する。具体的には、水稻、ムギ類では穂数、ダイズの場合にも個体数を調査する。併せて、収穫物をサンプリングして粒重を測定することで、収量構成要素を推定できる。水分測定のためのサンプリングをしている場合には、それを利用することができる。

ほ場面積は、農家に聞き取りを行うとともに、実測する。その際に播種した面積も計測する。明渠部分など、実際に播種していない部分の面積も把握する。

## (2) 坪刈り収量

### a) サンプリング場所

病虫害や障害の発生がなく、生育が中庸と思われる場所をサンプリングする。生育が中庸である場所の判断として、水稻、ムギ類の場合には、穂数が中庸な場所を選定する。あるいは、直播水稻やダイズ、ムギ類であれば、苗立ち数が中庸な場所を選定する。

### b) サンプリング箇所

研究の目的と、総サンプリング数、刈り取り作業の速度等によりサンプリング点数を決める。通常、1試験区当たり2ないし3カ所をサンプリングする。

収穫する面積は、イネ、ムギであれば、1カ所か所につき2～3㎡程度、ダイズであれば5㎡程度以上が望ましい。条播の場合には、サンプリングする条数を多くする。例えば、同じ面積でも10m×2条をとるなら、2m×10条をサンプリングした方が、条間のばらつきを反映した値となるため、全刈り収量との差が少なくなると考えられる。

場所により生育差がある場合には、その生育の差を含めてサンプリングするか、その生育差を評価できるようにサンプリングする。例えば、ドリル播を行った場合、トラクタの車輪跡で苗立ち率が低下し、条による生育差が出る場合がある。その様な場合、1工程で播種できる全条をサンプリングする。あるいは、条ごとに分けてサンプリングし、後でトラクタの車輪跡の影響を評価する。その場合、生育差が生じている面積割合についても測定しておく。

### c) サンプリング法

収穫する場合には、できるだけ地際から収穫し、地上部全重のデータが取れるようにする。収穫物は網袋などに入れ、運搬中に脱落した穂、粒も計測できるようにする。

### d) その他の注意点

ラベルは2枚以上用意して、網袋に入れる場合には中に1枚を入れ、外側に1枚をつける。ひもで結束する場合には、2カ所につけ、1枚が取れてもわかるようにする。なお、ラベルは耐水性のものを用いる。

坪刈り作業では周囲にダメージを与えないように注意する。ほ場内に分け入ることになるため、歩く場所についても注意をする。ムギでは、基幹明渠や、薬剤散布のためのプームスプレーヤーの通った後などを通してほ場内に入ることで、歩行中の作物に対するダメージを少なくできる。

サンプリングする面積は正確に取る。サンプリングする面積の僅かなずれが、大きな誤差を生じる可能性があるので注意する。

(渡邊 好昭)

## 2) 作業時間に関わるデータの収集方法

農業機械の作業能率や作業効率を求めたり、さらには1日当たりの作業量や栽培適期の作業可能面積を評価したりする上で、作業時間は基本的な調査項目として重要である。例えば、ほ場で播種や収穫などの作業時間を収集する場合、作業機に随行して、実際に播種や収穫を行う時間や、枕地旋回、資材補給、さらには作業機の調整など、作業以外に要する時間を計測する。次に、それぞれの項目ごとに要する時間割合を解析して作業能率や作業効率を評価する。作業時間の収集には常に作業機に随行して計測することを必要とするが、ビデオカメラを使用して動画を記録し、後で再生して解析する画像記録法や、GPS ロガーを用いて作業機の位置情報を記録し、移動軌跡から解析する方法などがあり、調査者の人員や測定精度に応じて効率的な収集方法を選択する。

### (1) 作業時間の収集方法

#### a) 作業観察法

作業機に随行し、ストップウォッチを用いて実作業、枕地旋回、種子・肥料の資材補給、作業機の調整、故障やトラブルへの対応、休憩等、それぞれに要する時間を計測する。精度良く調査を行うために、基本的には1台の作業機に一人の調査者が対応し、同時に複数の作業機が稼働する場合は、それぞれの作業機に調査者を配置する必要がある(図3-2)-1)。



図3-2)-1 作業観察法による調査例  
(小麦間作水稲乾田直播作業)



図3-2)-2 ビデオカメラによる動画記録

#### b) 画像記録法

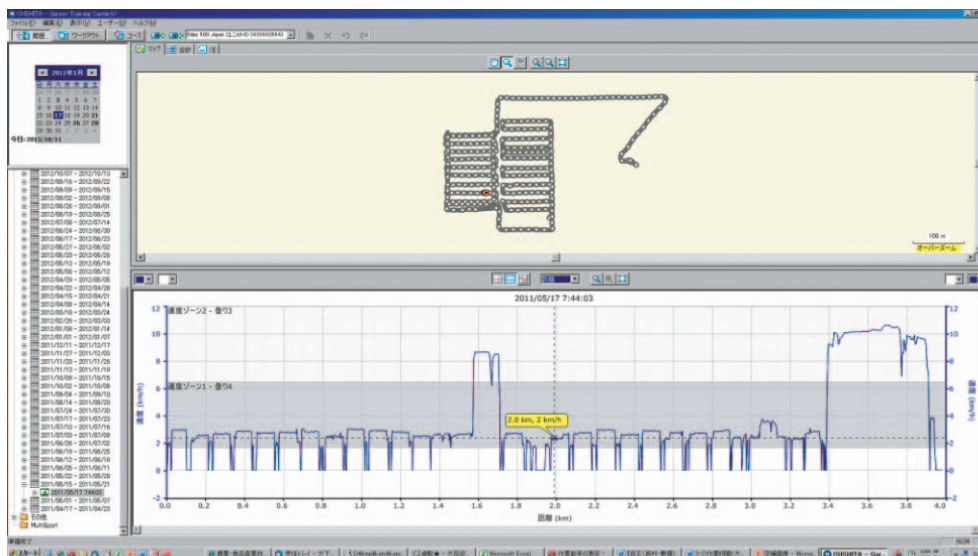
ビデオカメラを用いて作業機の動画を記録しておき、後で再生してタイムスタディを行う調査方法である(図3-2)-2)。時間の余裕のあるときに解析が可能であり、早送りで再生して短時間に解析を行うことができ、作業の再確認も容易である。また、一人で複数の作業機のタイムスタディを行う場合、1台の作業機を作業観察法で、他の作業機を画像記録法で対応する場合もある。無人のビデオカメラで動画を記録する場合、調査する作業機が画面から外れないよう、また記録対象が遠方で小さすぎると作業の判別が困難になることから、ビデオカメラの撮影位置を考慮する必要がある。

## c) GPS ロガー

ハンディー型のGPSロガーが普及しており(図3-2)-3), 安価な機種でもGPS衛星の受信条件が良好であれば数メートルの精度で位置情報が得られ, ほ場での作業であれば実用的な計測が可能である. 専用のソフトウェアを用いてGPSロガーより記録データをパソコンにダウンロードして, 位置や速度, 移動距離を求めることができる(図3-2)-4). ただし, 作業や枕地旋回, 資材補給などを種別できないことから, 位置や速度, 停止等の状態から推測する必要がある. 短所はあるものの, 調査者が不在でもデータの収集ができ, 長時間の記録も可能である. 耕起作業や中耕作業など, 比較的単純な作業であれば, 効率的に調査が可能である.



図3-2)-3 GPS ロガーの使用例

図3-2)-4 GPS ロガーにより記録した農業機械の移動軌跡と作業速度の表示例  
(乗用管理機による除草剤の散布作業)



## (2) 作業時間に関する評価項目

作業時間に関する主な評価項目は次のとおりである。

### a) 作業能率

1台の作業機がほ場の単位面積当たりの作業を行うのに要する時間で、旋回や資材補給など全ての工程を含む合計時間であり、面積は10アール (10a) やヘクタール (ha) の単位で示される。

$$S = T/A$$

ここで、S：作業能率 (h/10a, h/ha), T：ほ場作業時間 (h), A：ほ場面積 (a, ha)

### b) ほ場作業量

1台の作業機が単位時間あたりに作業しうる面積で、作業時間には旋回や資材補給など全ての工程が含まれ、面積はアール (a) やヘクタール (ha) の単位で示される。

$$C = A/T$$

ここで、C：ほ場作業量 (a/h, ha/h), A：ほ場面積 (a, ha), T：ほ場作業時間 (h)

### c) 理論作業量

直進作業のみ行うときほ場作業量であり、通常、1時間当たりの面積で示される。

$$C_t = W \cdot V / 10$$

ここで、C<sub>t</sub>：理論作業量 (ha/h), W：作業機の理論作業幅 (m),

V：理論作業速度 (km/h)

### d) ほ場作業効率

実際のほ場作業では枕地旋回や、種子・肥料などの資材補給、作業機の調整や修理などで作業が中断される。理論作業量に対するほ場作業量の割合をほ場作業効率として示される。ほ場作業効率は一般にほ場面積が大きいほど、ほ場の長短辺比が大きいほど高くなる。

$$E_f = C / C_t \times 100$$

ここで、E<sub>f</sub>：ほ場作業効率 (%)

### e) 1日のほ場作業量

1日に処理できるほ場面積で、1日の作業時間は地域や季節によって異なり、通常は日出から日入までの日長時間から、朝食・昼食・休憩の時間を差し引き、長日季では9h、短日季では7h程度に設定する。さらに、作業時間割合(実作業率)は、作業機の運搬・移動、作業の準備・点検、作業待ちなどに要する時間割合を除き、実際にほ場で作業を行った時間割合で、分散錯圃では実作業率が低くなる。

$$C_d = C \times T_d \times m \times R / 100$$

ここで、C<sub>d</sub>：1日のほ場作業量 (ha/d), T<sub>d</sub>：1日の作業時間 (h/d),

m：使用機械台数 (台), R：実作業率 (%)

### f) 負担面積

ある作業期間内に作業可能な面積である。作業可能日数は、作業適期において降雨や土壌の多湿条件などで作業が制約される日を差し引いた日数である。また、碎土性を高めるためにロータリ耕起の2回がけや代かきの2回がけなど、作業を複数回行う場合、回数に応じて負担面積は減少する。

$$H = C_d \times D / N$$

ここで、H：負担面積 (ha), D：期間内の作業可能日数 (d), N：作業回数 (回)

(3) 作業時間の解析方法

タイムスタディによって実作業や枕地旋回、資材補給、作業機の調整、休憩などの項目別に要する時間を求め、作業速度や作業能率、項目別の時間割等を算出する(表3-2-1)。例えば、作業幅の狭い作業機では作業工程が多く、枕地旋回に要する時間割合が高くなり、頻繁に資材補給を要する播種機では補給時間割合が高くなるなど、時間割合やほ場作業効率より改善項目を評価することができる。

表3-2)-1 表計算ソフトによる水稲乾田直播作業の解析結果例

作業日	2013年4月13日		場所等	筑西市田谷川土地改良区								
作業機	クボタ MZ605 (44kW) + ニプロディスク作溝型不耕起播種機 NSV8 (8条播種)											
ほ場長辺・m	100	ほ場短辺・m	60	ほ場面積・㎡	作業幅・m 2.4	能率・分/10a 0:09:50	9.8					
作業時間内訳集計表		6000										
工程	始め	終わり	補給	播種	枕地旋回	調整	調整内容	作業長	作業幅	速度(m/s)	速度(km/h)	播種面積
資材補給・初回	11:38:00	11:43:28	0:05:28				種子・肥料補給					
1	11:43:28	11:44:34		0:01:06	0:00:27	0:01:20	播種深度調整	90	2.4	1.36	4.9	216
2	11:46:21	11:47:28		0:01:07	0:00:26			90	2.4	1.34	4.8	216
3	11:47:54	11:49:00		0:01:06	0:00:22			90	2.4	1.36	4.9	216
4	11:49:22	11:50:29		0:01:07	0:00:52			90	2.4	1.34	4.8	216
5	11:51:21	11:52:28		0:01:07	0:00:23			90	2.4	1.34	4.8	216
6	11:52:51	11:53:59		0:01:08	0:00:55			90	2.4	1.32	4.8	216
7	11:54:54	11:56:01		0:01:07	0:00:27			90	2.4	1.34	4.8	216
8	11:56:28	11:57:34		0:01:06	0:00:25		昼食休憩(1:21:7)	90	2.4	1.36	4.9	216
9	13:19:06	13:20:14		0:01:08	0:00:24			90	2.4	1.32	4.8	216
10	13:20:38	13:21:46		0:01:08	0:00:26			90	2.4	1.32	4.8	216
11	13:22:12	13:23:18		0:01:06	0:00:23			90	2.4	1.36	4.9	216
12	13:23:41	13:24:47		0:01:06	0:00:24			90	2.4	1.36	4.9	216
13	13:25:11	13:26:19		0:01:08	0:00:22			90	2.4	1.32	4.8	216
14	13:26:41	13:27:48		0:01:07	0:00:24			90	2.4	1.34	4.8	216
15	13:28:12	13:29:19		0:01:07	0:00:21			90	2.4	1.34	4.8	216
16	13:29:40	13:30:46		0:01:06	0:00:25			90	2.4	1.36	4.9	216
17	13:31:11	13:32:18		0:01:07	0:00:26			90	2.4	1.34	4.8	216
18	13:32:44	13:33:49		0:01:05	0:00:23			90	2.4	1.38	5.0	216
19	13:34:12	13:35:18		0:01:06	0:00:23			90	2.4	1.36	4.9	216
20	13:35:41	13:36:47	0:05:00	0:01:06	0:00:21		肥料補給	90	2.4	1.36	4.9	216
21	13:42:08	13:43:14		0:01:06	0:00:26	0:01:40	マーカー収納, 速度変更	90	2.4	1.36	4.9	216
枕地 1	13:45:20	13:46:07		0:00:47	0:00:31			55	2.4	1.17	4.2	132
22	13:46:38	13:48:09		0:01:31	0:00:26			90	2.4	0.88	3.6	216
枕地 2	13:48:35	13:49:25		0:00:50	0:00:30			55	2.4	1.10	4.0	132
23	13:49:55	13:51:23		0:01:28	0:00:26	0:00:25	マーカー収納	90	2.4	1.02	3.7	216
枕地 3	13:52:14	13:53:05		0:00:51	0:00:27			55	2.4	1.08	3.9	132
24	13:53:32	13:55:01		0:01:29	0:00:23			90	2.4	1.01	3.6	216
枕地 4	13:55:24	13:56:15		0:00:51	0:00:26			55	2.4	1.08	3.9	132
25	13:56:41	13:58:07		0:01:26				90	2.4	1.05	3.8	216
合計・平均			0:10:28	0:32:33	0:12:34	0:03:25	0:59:00			1.27	4.6	5928
			作業内訳	補給	播種	枕地旋回	調整	合計				
			割合	17.7	55.2	21.3	5.8	100.0(%)			ほ場作業効率	55.2(%)
			10a当たり	0:01:45	0:05:26	0:02:06	0:00:34	0:09:50(時:分:秒)				
			〃	1.8	5.4	2.1	0.6	9.8(分)				

参考文献

・農作業学 (1999), 日本作物学会編, 農作業の効率化技術と評価, 36-44

(大下 泰生)

### 3) 雑草の発生状況に関わるデータの収集方法

現地での雑草の発生状況に関わるデータを収集する目的には、(1) 栽培技術体系における雑草防除上の課題の抽出、(2) 新しい雑草防除技術の除草効果・安全性の現地実証、(3) 地域や集落全体の雑草発生動向の把握等があり、それぞれの目的によってデータの収集方法は異なる。現地試験や調査の目的に応じて、適切なデータ収集方法を採用することが重要である。

#### (1) 雑草防除上の課題抽出のためのデータ収集方法

実証技術体系区（実証区）と慣行技術体系区（慣行区）の雑草データを比較することにより雑草防除上の課題の抽出を行う。実証区で残草が多かった場合には、さらなる技術の向上を目指して残草要因を可能な限り解析する。また、残草が無かった場合でも、性急に「雑草防除上の問題なし」とする前に、その安定性を慎重に検討することが重要である。

##### a) 雑草発生と残草に関する基本的な調査項目と調査時期

技術体系の中に除草剤処理や中耕培土といった明確な雑草防除の操作がある場合は、雑草防除が行われる前の雑草種と種毎の個体数および雑草防除後の残草種と種毎の残草量（残存個体数と地上部乾物重）のデータを収集する。特に明確な雑草防除操作が無い場合には、追肥などの作物栽培管理の節目を目安に2～3回、雑草の現存量（それぞれの時点での生育個体数と地上部乾物重等）のデータを収集する。なお、匍匐茎やつるを伸ばして生育する雑草のように個体数の調査が困難な場合は、密度（単位面積当たり個体数）ではなく被度を調査する。雑草の地上部乾物重の調査には雑草のサンプリングが必要となるが、計量する植物体量が多い場合にはまず生草重を測定し、一部乾燥した材料から得られた水分率により乾物重を換算して求める。非破壊調査が可能な雑草の被度や草高のデータから重量との相関が高い乗算優占度を求めて、それにより現存量を評価することもできる。

なお、現地実証試験では各種の環境要因等により雑草防除がうまくいかずに残草が多くなることがある。ほ場所有者（生産者）に迷惑がかからないよう、多量の雑草種子がほ場に散布される前に適切な方法で防除する。その際、雑草のデータを収集せずに全て抜き取ってしまうことがあるが、技術体系の改善を図るためには、抜き取る前に必ず残草程度を調査してその要因を考察することが重要である。

##### b) 雑草群落構造と乗算優占度による現存量の把握

雑草の群落構造は、密度、頻度、被度、草高、重量の解析により評価される。この中で、頻度はある草種のほ場内での調査カ所数に対する出現カ所数の比率である。被度は、雑草地上部の地表面に対する投影面積で、調査枠の面積に対する比率で一般的には目測する。1 m<sup>2</sup>枠を用いる場合はその面積の1%に当たる10cm×10cmのカードを目安に目測の練習をしておくが良い。雑草全体の投影面積の割合を植被率と言い、100%から植被率を減じた値が裸地率となる。草高は雑草の地際から最上部までの自然のままの高さを測定する。垂れた葉をピンと伸ばして測定する草丈（全長）とは異なることに注意する。

ほ場内の雑草群落を構成する草種の量的割合を示す尺度として、密度、頻度、被度、草高、重量等のデータを用いた優占度が使われる。このうちのいくつかの要素を用いてそれらを積算した値が積算優占度、乗算した値が乗算優占度である。被度と草高の2要素を用いた乗算優占度は雑草重量との相関が高いことから、現存量の指標として有用である。

$$2 \text{ 要素を用いた乗算優占度} = (\text{被度} \times \text{草高})$$

現地における雑草群落構造の調査には相当な時間を要することから、より短時間で簡易に行える調査法が検討されている。ほ場区画内に引いた任意の直線上を歩きながら2-3歩毎に足先に触れた種を1つずつ記録する方法で、上位優占種については目測による既存の被度調査法と同等の精度での結果が得られる(西村・浅井,2013)。多数の現地ほ場の植生調査を短期間で行う場合に参考にされたい。

#### c) 調査面積(調査枠の大きさ, 形, 数)の設定

現地での雑草の出芽個体数や残存個体数は、ほ場全体で数本程度から $\text{m}^2$ 当たり数千本まで草種やほ場により様々である。そのため、一カ所の調査面積は個体密度に応じて設定することが望ましく、一カ所での個体カウント数が数本~数十本(高密度では数百本)の範囲におさまるような大きさの調査枠(コドラート)を設定すると良い。例えば、 $\text{m}^2$ 当たり数百本の個体密度であれば $25\text{cm} \times 25\text{cm}$ の調査枠、 $\text{m}^2$ 当たり数十本の場合は $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ とする。

調査枠は木や樹脂等で作成した固定枠でも良いが、単にビニールテープの囲いや四隅に目印の棒を立てるだけでも良い。また、必ずしも正方形である必要は無く、作物栽培ほ場では正方形よりも畝間に合わせた調査枠が適していることが多い。例えば、畝間 $60\text{cm}$ 株間 $20\text{cm}$ で作物を栽培している場合、 $60\text{cm} \times 40\text{cm}$ や $120\text{cm} \times 80\text{cm}$ のように、畝間の倍数 $\times$ 株間の倍数(畝長)を1カ所の調査枠とする。 $\text{m}^2$ 当たり本数が数本に満たない場合は、 $10\text{m}^2$ 、 $100\text{m}^2$ (1a)あるいはほ場一筆(10~50a)当たりの個体数をカウントする。

残草量(地上部乾物重)を測定するための雑草のサンプリングも、個体数調査と同様に、個体密度に応じた大きさの調査枠を設定して行う。シロザ、タデ類、メヒシバが多発するがイヌビエやクサネムの発生は少ない現地ほ場では、 $1\text{m}^2$ 以下の調査枠で多発草種を採取し、個体数が少ないイヌビエやクサネムは $10\text{m}^2$ ~1筆単位の雑草を採取すれば良い。

雑草発生量や残草は、ほ場内で不均一であることが多い。したがって、実証区、慣行区ともに複数カ所から雑草データを収集することが基本となる。ほ場の大きさや雑草の偏在の程度にもよるが、10~30a規模の実証区では数カ所~十数カ所の調査を行うことが望ましい。ほ場の端部は雑草が多発することが多いので、調査枠の配置で注意する。ほ場内で土壤水分条件に偏りがあったり、特定の方角にある種の残草が多かったりするなどほ場内の雑草の分布に一定の傾向がみられる場合は、それぞれについて雑草データを収集して、それらを比較しながら偏在要因を考察する。中耕培土や除草剤の畦間散布など、作物条間の機械作業が技術体系に組み込まれている場合には、作物畝間と畝内(株間)を分けて雑草調査を行うようにする。機械作業の内容にもよるが、株の両側 $10\text{cm}$ (あるいは $15\text{cm}$ )を畝内幅、それ以外を畝間幅として調査し、雑草データを単位面積当たりの数値に換算して解析する。

#### d) 無処理区の必要性, 作成方法, 管理

実証区と慣行区が別ほ場に設置されている場合は、ほ場による雑草種や発生数の違いが結果に大きく影響することがある。特に、生態的(耕種的)雑草防除や機械除草を含む技術体系では、雑草発生量の多少が技術体系の成否に大きく影響することが多い。供試ほ場の雑草発生量を把握するために、可能であれば、無除草区(放任区)を設けて雑草出芽数と残草量データを収集する。各ほ場の無除草区に対する比率を雑草防除効果として、実証区と慣行区を比較することができる。現地での無処理区の設定が難しければ、主要雑草の埋土種子調査も有効である。生態的雑草管理ポータルサイトに「難防除雑草の埋土種子調査マニュアル」が掲載されているので、それを参考にする。

現地ほ場で無除草区を設ける場合は、管理の面倒さを考慮して、その面積は最小限度にしたい。生態的雑草防除や除草機を用いた雑草防除体系では、該当する耕種操作や機械除草を行わない場所を設け、その場所を無除草区とする。除草剤を用いた除草体系では、除草剤を処理しない区(無処理区)を設ける。水稲作では、一発処理剤や初期剤で使用する1キロ粒剤、フロアブル剤(乳剤)、ジャンボ剤の除草剤成分が田面水中を拡散するので、無処理区には実証区で処理した除草剤成分が流入しない工夫が必要となる。除草剤を処理する前にアゼシートやプラ段などで無処理区を囲むようにすると良い(図3-3)-1)。周りの田面水中の除草剤濃度が十分に低下するまで(目安は処理後1ヶ月)はアゼシートで囲んでおく。その間、無処理区への給水が別途必要になる。

畑作で播種後(出芽前)の土壌処理剤を散布する実証試験では、除草剤散布時に土壌表面をビニールシートなどで覆うことにより無処理部分を設ける。雑草茎葉に薬液を散布して枯殺する生育期茎葉処理の場合は、無処理区への除草剤散布を避けるとともに、実証区での除草剤散布液が無処理区に飛散しないよう風向きに注意する。



図3-3)-1 現地水稲栽培試験でのプラ段を用いた除草剤無処理部分の設置  
(無処理区内に除草剤が流入しないようにする)

現地実証試験ほ場で無除草区を設けた場合、そこで生産された多量の雑草種子がほ場に散布されないよう、調査終了後には雑草を全て抜き取る。実証区や慣行区についても、雑草防除の評価は作物群落がほ場全面を覆うまでに行い、それ以降は有効な除草剤や手取りなどで防除する。実証試験終了後も生産者が雑草管理に困らないよう、雑草埋土種子を増やさない配慮が求められる。

## (2) 新しい雑草防除技術の除草効果と安全性を確認するためのデータ収集法

全く新しい雑草防除技術を現地で実証する場合も、上述の栽培技術体系の実証と大きく異なるところは無いが、除草効果と作物への安全性についてはより厳密に評価するため、統計解析が可能となるような除草区の試験配置が望ましい。なお、新しい除草技術といえども、現場普及を目指す現地試験であることから、農薬の登録外使用が含まれた技術体系は対象としない。

新技術の実証区と慣行区は同一ほ場の中に設置する。また、除草効果を判定するための無除草区と、さらに作物への安全性も厳密に評価したい場合は完全除草区を同一ほ場内に設置する。こ

ここで完全除草区とは、新しい雑草防除技術を実施しないが手取除草等で雑草が全くない状態を保つ区のことである。雑草繁茂による作物への影響を排除した無雑草区であり、作物が健全に育つ比較区となる。手取り除草が困難な場合は、葉害が全く（殆ど）無いとされる除草剤処理を組み合わせる雑草が全く無い状況を作成しても良い。

除草効果は実証区の雑草データの対無処理区比、作物への安全性は実証区の作物データの対完全除草区比で評価する。統計解析のためには、各処理区とも3反復以上を設けることが望ましい。一筆のほ場で試験する場合、ほ場内の環境条件が均一であれば全区をランダム配置しても良いが（完全無作為化法）、ほ場内で土壌水分や作業上の要因による土壌条件等の偏りがある場合や栽培法が異なる場合は、ほ場の中でブロックを設け、それぞれのブロックの中に全ての処理区を1区ずつ入れてランダムに配置する（乱塊法）。複数のほ場を用いる場合は、雑草発生量や環境条件あるいは作物栽培条件がほ場毎に異なるため、ほ場をブロックとすることが多い。ほ場の違いをブロック間差として評価でき、その結果は現場への技術普及の際の適用条件の解明に役立つ。

### (3) 雑草発生動向を把握するためのデータ収集方法

地域の雑草発生種と発生程度を網羅的・継続的に調査することにより、雑草発生の地域的特徴や経年変化を明らかにして将来の動向の予測に役立てるものである。調査点数が多くなるので、1点当たりの調査はより簡易な手法が求められる。ここでは、中央農業総合研究センターが茨城県筑西市の水田輪作地域（田谷川土地改良区）で2007年から毎年継続実施している調査法と兵庫県が1975年から10年間隔で30年以上継続している調査方法を紹介する。いずれも雑草の発生程度についてほ場外から目視で判断できる指標によるランクを設定し、各雑草種についてはほ場一筆毎にほ場内の発生程度を評価するものである。

#### a) 茨城県筑西市における小麦作および大豆作の雑草発生動向調査の例

田谷川土地改良区の水稲-麦類-大豆の輪作体系（3年4作）のブロックローテーションを行っている小麦作および大豆作の全ほ場（各400~500筆）を対象に、作物の登熟期（小麦作では5~6月、大豆作では9~10月）に、ほ場一筆毎の雑草発生程度（被度%）を畦畔からの目視により確認し、7段階にランク付けした階級値（表3-3)-1)として草種毎に記録する。畦畔からの目視であるため、作物の草冠を超えた草種のみ記録する。

表3-3)-1 茨城県筑西市の水田輪作地区で用いられた雑草発生程度の評価基準

評価ランク	0	1	2	3	4	5	6
	無	極微	微	少	中	多	甚
目視による被度	0	<1%	<10%	<30%	<50%	<70%	90%以上

（雑草種ごとの目視による被度に相当する評価ランク値0~6を、その雑草の発生程度として記録する）

本調査ではブロックローテーションによる雑草の増減傾向を明らかにするだけでなく、GISを活用することにより農作業履歴や土壌条件といった多種情報を雑草発生情報とともに地図上で一元管理し、情報間の解析により雑草発生要因の解明を可能とするものである。これにより、水田輪作により増加が抑えられる草種とそうでない草種が明確となり、大豆不耕起栽培の導入による雑草発生の傾向も明らかにされている。



図3-3)-2 ダイズほ場での雑草発生程度の評価

左：イヌビエのランク値2（微）

右：オオハルタデのランク値5（多），アメリカセンダングサのランク値4（中）

#### b) 兵庫県内全域の水田雑草発生状況調査の例

兵庫県内全域の水田地帯70カ所の2,323筆の水田を対象に，水稲移植後の除草剤処理後35～45日を目安に6月下旬から7月上旬にかけて，水田2辺の畦畔から草種毎の本数（個体数のカウントが困難な草種は被度）を達観で把握し，6段階にランク付けした階級値（表3-3)-2）を記録する．本調査では，ランク値が3以上となった場合に，そのほ場で防除が必要な草種と判断された．

表3-3)-2 兵庫県内全域の水田雑草調査で用いられた雑草発生程度の評価基準

ランク値	t	1	2	3	4	5
本数	< 1本/a	< 1本/5㎡	< 1本/㎡	< 10本/㎡	< 50本/㎡	50本/㎡以上
目視による被度	< 0.01%	< 1%	< 5%	< 10%	< 20%	20%以上

（雑草種ごとの目視による被度あるいは雑草本数に相当する評価ランク値t～5を，その雑草の発生程度として記録する）

この調査では，畦畔からの観察では0本/㎡である（ほ場内に1本も無い）ことが確認できないことから，0本/㎡と1本/a以下を区別していない．また，水稲移植後の調査なので雑草繁茂が少ないレベル（被度で20%以下）での評価に重点が置かれているところが，前述の茨城県筑西市の麦作・大豆作の調査例とは異なる．1975年，1980年，1996年の結果から，要防除面積が増加している雑草草種とその要防除面積が明らかにされている．

#### c) 地域全体の雑草被害簡易査定

地域における雑草による減収被害を把握するためには，多数ほ場の被害程度を推定する必要がある．ほ場外からの達観調査であっても，雑草発生程度のランク付けが適切であれば雑草繁茂による作物減収程度の推定に役立つ．雑草発生量と作物減収の関係を迅速に把握するために，コムギ畑を対象として，ほ場外からの達観調査でネズミムギ発生量を6段階（無，微，少，中，多，甚）で評価しコムギ減収率を査定する簡易査定法が開発されている（鈴木ら,2010）．

#### (4) 雑草種の同定

雑草データの収集は草種毎に行うことが基本である。植物種によって環境条件（温度条件や土壌水分）や除草技術に対する反応（除草剤感受性、機械除草耐性など）が大きく異なるため、データを構成する草種が不明だと結果の解釈ができない。よく似た雑草の同定の難しさや調査労力等の関係から、どうしても複数の草種を一緒にしてデータを採らざるを得ない場合であっても、そのデータの主要部分を占める草種（そこでの主要雑草種は何か）を記録しておくことで結果の考察に役立つ。また、発生密度が低い草種であっても、侵入初期の帰化雑草のように、その後まん延して大きな問題になる雑草が生育していることがある。種毎にデータを収集することによって、そのような警戒種の早期発見にも役立つ。

現地での種同定に費やす時間の節約には、作物栽培で普通にみられる草種（それぞれ10～20種程度、表3-3）の形態的特徴を事前に調べて、識別ポイントを整理しておくが良い。現地では、通常、様々な生育段階の雑草個体が混在していることから、雑草の生育段階に応じた識別が重要となる。成植物は市販の植物図鑑や雑草図説等を参考に、主に花序や花器の形態で識別する。種によっては葉や茎の形態や各器官の毛の有無も有用な情報である。実生や幼植物の識別ポイントを解説した解説図書は少ない。畑地では「身近な雑草の芽生えハンドブック」（浅井元朗著、文一出版）が役立つ。

表3-3)-3 水田輪作でよく普通にみられる雑草（調査前に識別ポイントを調べておくが良い）

水稲作	麦作	大豆作
一年草	越年草(冬生)	一年草
タイヌビエ	スズメノテッポウ	メヒシバ
イヌビエ	カズノコグサ	アキメヒシバ
ヒメタイヌビエ	スズメノカタビラ	イヌビエ
アゼガヤ	カラスムギ	ヌカキビ
コナギ	ネズミムギ	カヤツリグサ
ミズアオイ(北海道)	コハコベ	コゴメガヤツリ
タマガヤツリ	ウシハコベ	シロザ(アカザ)
アメリカアゼナ	ヤエムグラ	ヒユ類(ホソアオゲイトウ, ホナ)
アブノメ	カラスノエンドウ	ガイヌビユ, イヌビユ, アオゲイトウ)
チョウジタデ	ノミノフスマ	トウ)
キカシグサ	オランダミミナグサ	タデ類(ハルタデ, イヌタデ, オ)
タカサブロウ	ナズナ	オイスタデ, ヤナギタデ)
クサネム	タネツケバナ	スベリヒユ
アメリカセンダングサ	イヌガラシ	エノキグサ
タウコギ	スカシタゴボウ	アメリカセンダングサ
多年草	カミツレモドキ	イヌホオズキ
イヌホタルイ	イヌカミツレ	マルバルコウ
オモダカ	ノボロギク	ツユクサ
クログワイ	タデ類(ハルタデ, サナエタデ)	多年草
ミズガヤツリ	多年草	スギナ
ウリカワ	キレハイヌガラシ	
エゾノサヤヌカグサ(北海道)	ハルザキヤマガラシ	
キシユウスズメノヒエ	スギナ	



現場で同定できない草種は植物体をサンプリングし、職場に戻ってから丁寧に同定を行う。植物体をサンプリングできない場合は、同定ポイントとなりそうな部位（花序、果実、葉、托葉など）をカメラで複数撮影しておく。幼植物のため同定が困難な場合は、現地で成植物になってからあらためて同定するか、サンプリング・ポット栽培して開花後に種を確定すると良い。生態的雑草管理PTが運営するポータルサイトには、雑草に関する問い合わせを受け付ける窓口があるので、それを通じて同定を依頼しても良い。なお、同定を依頼する際には、その雑草が発生していたほ場の情報（作物、作期、場所、発生状況）と発生状況の現地の写真および雑草のスキナーで撮ったカラー画像ファイルを事前に準備しておく。解像度が高ければ、同定ポイントとなる形態の細部（葉毛や穎花の形状など）も確認できる。



図3-3) -3 カラースキナーによる雑草サンプルの画像  
(画像の解像度が高ければ細部の観察も可能)

調査を進めるなかで、その地域では珍しい帰化雑草、除草剤抵抗性雑草、雑草イネなど極めて防除困難とされる雑草が確認された場合は、調査によってそれらが拡がることが無いよう配慮が求められる。雑草種子は土を介して拡がることが多いので、調査ほ場を移動する際には長靴や調査用具等についた土を洗い落とすようにする。また、難防除雑草が繁茂するほ場での作業に用いた農業機械や用具も、可能な限り土を洗い流して次のほ場に向かうようにする。

#### 参考文献

- ・浅井元朗（2012）身近な雑草の芽生えハンドブック，文一総合出版，120p.
- ・中央農業総合研究センター（2009）平成21年度革新的農業技術習得支援研修「雑草同定・防除技術」テキスト，42<<http://www.naro.affrc.go.jp/training/files/12-1b.pdf>>

- ・中央農業総合研究センター（2013）農研機構・生態的雑草管理ポータルサイト，<<http://weedps.narc.affrc.go.jp/>>
- ・西村愛子・浅井元朗（2013）農耕地における雑草発生の種組成と量的構造評価のための簡易植生調査法，雑草研究，58,52-59
- ・鈴木智子・足立有右・市原実・山下雅幸・澤田均・稲垣栄洋・石田義樹・木田揚一・浅井元朗（2010）コムギほ場におけるネズミムギによるコムギ減収率の簡易査定法，雑草研究，55, 174-182

（渡邊 寛明）

#### 4) 土壌データの収集方法

##### (1) はじめに

ほ場の履歴や土壌特性が既知の試験場内のほ場試験とは異なり、現地ほ場試験で最初につつかる問題は、そのほ場に関する情報、特に土壌特性が未知であることではないだろうか。試験場内のほ場試験では、普通、前作で均一栽培を実施し作物の生育収量がほぼ均一化したほ場を利用するが、現地ほ場での試験では、均一化作業の実施は難しい場合が多いと考えられる。また、得られた結果を他地域に応用するためには、土壌特性を含め、試験を実施した環境条件に関する情報が必要である。つまり、土壌に関する情報は、より正確な試験結果を得るという目の前の目的と、普及や汎用化という一歩先の目的、その両方の達成のために重要だと考えられる。

ここでは現地ほ場における土壌に関する様々な情報の収集や土壌のサンプリング時に留意すべき点と、現地での事例研究を通して思ったことなどを紹介する。具体的な収集方法（土壌調査やサンプリング、分析など）については、関連書籍<sup>1), 2), 6)</sup>等を参考にされたい。

##### (2) 試験地域・ほ場の選定時の注意点

###### a) ほ場利用・調査の依頼

土壌は環境中で生成された自然物であるが、「土づくり」という言葉が使われるように、生産の場である農耕地土壌は生産者にとって手間ひま掛けて造った貴重な財産である。このように考えると、試験や調査を依頼して、二つ返事で承してもらえとは限らない事も納得できる。

各都道府県の試験研究機関では、戦後の様々な事業を通して土壌調査が実施されており、県内の土壌の分布状況だけではなく、調査に協力的な地域や農家に関する情報なども存在する。また、土地改良事業を実施した土地改良区であれば、土地改良事務所においてその地域や会員の情報を管理している。このような組織や人を通してほ場の持ち主や耕作者に依頼することで、その後の試験や調査をスムーズに行うことができる。土壌の場合は特に、重金属や最近では放射性物質の調査ではないかと不安に思われることもあるので、依頼の際には目的や得られたデータの公表などについて十分な説明が必要である。

###### b) ほ場に関する聞き取り調査－農家のナレッジの活用－

スムーズに試験や調査を始めるために、a) で述べたような情報収集や依頼が必要であるが、土地改良区や農家に対する聞き取り調査も重要である。

農耕地土壌は人為的影響が大きいので、自然には起こらない一見だけでは把握できない性質を持つ場合もある。このような場合、生産のためにその土壌と向き合い、熟知した農家を持っている知識は重要である。“あっち側は石が多いよ”と言われ、“あっち側”を掘ってみると、作土直下に礫層が出現したり、“このあたりは昔、沼地だったんだよ”といわれた所では下層から黒泥や泥炭が出てきたり。または、隣り合うほ場にもかかわらず土色が著しく異なるので尋ねてみると、堆肥を多投入しているほ場だった。など、管理方法も含め、農家の経験に基づく知識から土壌に関する多くの情報を得ることができる。また、土地改良区や農家の聞き取り調査の過程では、古い地図や、ほ場整備時の詳細な地図など、通常は入手困難な有益な情報が手に入ることもある。表3-4)-1に、聞き取り調査項目を示した。聞き取り調査の前に、目的に応じて必要な項目を整理しておくことが重要である。

表3-4)-1 土壌に関する聞き取り調査項目

情報の種類	項目
位置	地名、住所・地番、耕作者（所有者）、面積など
調査時以外の土壌の状態	地下水の季節変動、灌漑水源と用水量、漏水度（減水深）、降雨後の排水の特徴、積雪量、凍結深度、期間など
土地利用	作物種と作期、生育状態、生産量（収量）、病害虫の発生状況、雑草の発生状況、施肥量（土壌改良資材を含む）、施肥方法、耕起方法、灌漑水量、水質など
土壌の人為的履歴	開田・開畑年次、干拓年次、明暗渠施工年次、基盤整備、客土材料および年次、灌漑設備年次、利用転換年次およびその状況など
その他	特殊な土壌の分布範囲、対象土壌の一般的生産力（地力）、乾燥期の土壌状態、気象（微気象）、自然災害の履歴、地形の特徴など

(土壌調査ハンドブック、1997に基づく)

## c) 地域や土壌の概略を知る－過去の成果を利用－

土壌の分布を知るには、土壌図が活用できる。例えば、戦後、農水省の事業を通して1/5万～1/20万の農耕地の土壌図が作成されている。特に1/5万の土壌図は、その後の事業でデジタル化され、現在ではインターネットを利用し、(独)農業環境技術研究所作成の「土壌情報閲覧システム」<sup>7)</sup>によって検索・閲覧できる。1/5万のスケールなので、ほ場レベルの情報としての利用には注意が必要であるが、その地域ではどのような土壌が優占するか、また、その土壌の特性について知ることができる。

土壌に影響するその他の環境情報についても、表3-4)-2の資料を通して知ることができる。近年ではインターネット上で公開されているものも多く、GISデータとして利用できるものもある。閲覧・入手先などを調べておくと、試験計画や試験後の考察の際に役立つ。

表3-4)-2 土壌環境データ資料

資料	縮尺	作成機関
地形図	1/5万, 1/2.5万, 1/1万 他	
空中写真	1/4万～1/0.8万	国土交通省国土地理院
土地利用図	1/20万, 1/5万, 1/2.5万	
土地利用現況図	1/20万	
地形分類図	1/20万, 1/5万	国土交通省土地・水資源局
地質図	1/20万, 1/5万	
植生図	1/20万, 1/5万	文化庁記念物課 環境省生物多様性センター
遺跡地図	1/7万	文化庁記念物課
気象データ		気象庁他

(土壌調査ハンドブック、1997より)

表3-4)-2にあるような空中写真や高解像度の衛星画像をはじめ、ラジコンヘリや気球等を飛ばして撮影される画像なども有効である。このようなデータから得られる土壌の色の違いは土壌特性の違いを反映している場合が多く、特性が異なる土壌の面的な分布を推定できる。また、作物生育のムラを通して、生産力の違い、さらには土壌特性の違いを推定することができる。このようなデータから推定した土壌の分布を現地調査で確認すれば、調査地域や調査ほ場、ほ場内の土壌の分布をより正確に把握することができる。

### (3) ほ場でのサンプリング

#### a) 目的

何を明らかにしたいのか目的によって、必要な試料とサンプリング方法は変わってくる。

目的によって、サンプリングの位置、反復、方法、時期など様々な項目を決める必要があり、ここで失敗すると、後の分析を精度良く実施しても、目的とする結果は得られない。

畑土壌のサンプリングは、目的と規模によって分類されている(草野ら<sup>4)</sup>)。目的別では、一般的に、化学性や生物性を分析する場合には土塊を壊して植物根や礫を取り除いた攪乱試料を利用するのに対し、物理性の分析では構造や異方性を維持した未攪乱試料が必要で、通常、100mlの採土管を用いてサンプリングする。規模別では、一筆ほ場の肥沃度を知りたい場合にはほ場内の不均一性に注意して1回のサンプリング、作物生育の差と比較する場合には作物の養分吸収パターンに合わせて生育期間に数回のサンプリングを行うなど、注意すべき点や回数が異なる。水田など土地利用が異なってもほぼ同様で、サンプリング計画時にはこれらを整理し、目的とする規模や種類に応じたサンプリングが必要になる。

#### b) ほ場内の土壌の概要

農家への聞き取り調査などから、通常、対象地域内でできるだけ均一なほ場を試験ほ場とする。また、試験を行うほ場の土壌の特性について詳しく聞き取り調査を行う。

現地ほ場に限らず、ほ場内の土壌分布には図3-4)-1のような方向性や局所性が生じている場合がある。検土杖やハンドオーガー、スコップで軽く掘ってみるなど、試験の前にはほ場内数点で簡易調査を実施することで、作土だけでなく、下層土の違いや有効土層厚の違いなどを知ることが

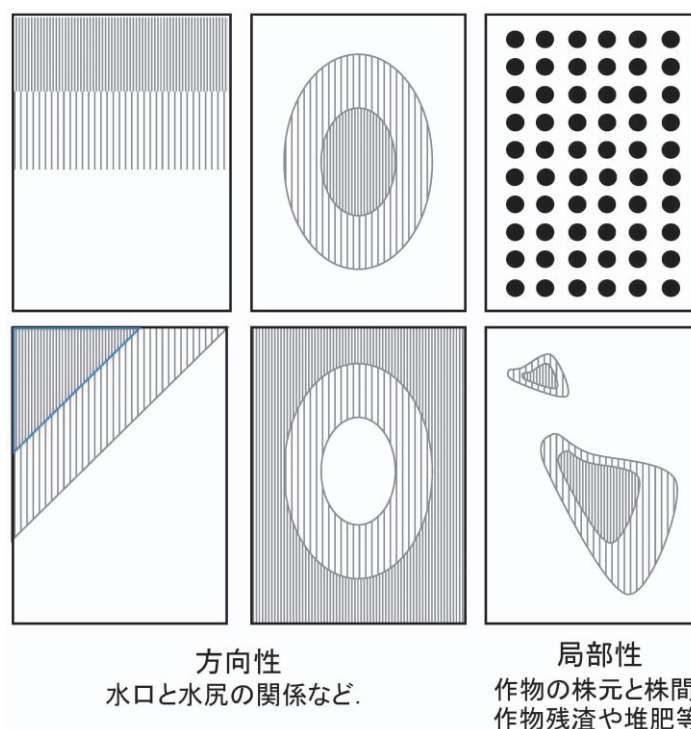


図3-4)-1 土壌特性の方向性と局所性の例(松尾, 1971<sup>5)</sup>を一部改変)

1筆ほ場内でも、方向性や局所性が存在する。栽培試験などへも影響するので、把握しておく必要がある。

できる。このような確認の後に、ほ場内でのサンプリングに取りかかる。

c) 土壌のばらつきと生育ムラ

明治時代に始まったほ場の大区画化の動きは、機械化の進んだ現在では各地で30aのほ場を中心とし、さらに50a以上のほ場の造成にいたっている。このような大区画ほ場の問題点として、鳥山ら<sup>9)</sup>は、1haの水田ほ場における地力ムラに起因する作物の生育ムラを報告している。矢内ら<sup>10)</sup>は、0.5haの水田ほ場において10mメッシュでサンプリングした土壌を利用し、その空間変動について報告しており、5点のサンプリングを行った場合、推定誤差はpHで2.3%、可給態リン酸で18%、可給態窒素で28%という結果を得ている。また、池永ら<sup>3)</sup>は、田畑輪換を行っている隣接したほ場(約16ha)を対象に、土壌特性の空間変動について報告している。これらの研究における空間変動の把握は、隣り合うほ場だけでなく、1枚のほ場の中でさえも、土壌の特性にばらつきがあること、また、測定する項目によって、ばらつきの程度が異なることを示している。

一般的に等間隔のサンプリングやランダムサンプリングは、ほ場が均一であることを前提としている。実際に試験設計を行う際に、また、サンプリングをする際には、コストや労力、その後の分析のことを考えてサンプリング点数を決定する必要があるし、多くの場合、図3-4)-2のように5点程度のサンプリングが実施されていると考えられる。作物の生育量と土壌の理化学性を比較する場合、作物と土壌を同じ場所でサンプリングするのであれば問題はない。しかし、ほ場の代表値として作物と土壌をサンプリングする場合には、ほ場内で平均的な生育を示す地点を選んで坪刈を行っても、ほ場が均一であるという前提が成り立っていないならば、土壌のサンプルがそのほ場の代表値として、目的にあった結果が得られない。図3-4)-1のような方向性や局局性の存在、サンプリングした土壌の理化学性にどれくらいのばらつきが含まれる可能性があるのかを念頭においておくと、試験計画や得られた結果を考察する際に役立つのではないだろうか。

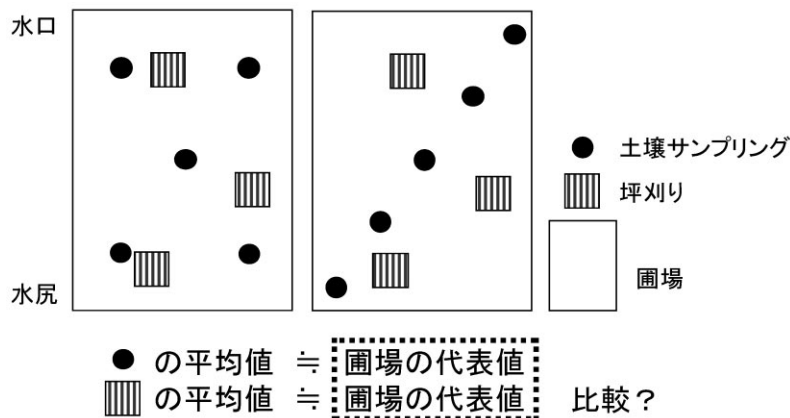


図3-4)-2 試料の平均値は代表値？  
 ほ場内の土壌に局局性や方向性がある場合、土壌を採取する位置によってはほ場の代表値として不適切な場合があるので、注意する必要がある。

#### d) サンプルング

時期：サンプルングの目的によって決まる。施肥設計等に役立てたい場合は、前作の収穫後から作付け前（施肥前）までが望ましいし、作物の生育に差が認められる場合はその時々に応じてサンプルングを実施するなど、サンプルングの目的に応じた計画を立てる。

方法：図3-4)-3のサンプルング法が一般的で、特に作土の一般理化学性を知りたい場合などのサンプルングはこの方法である。作土（耕盤の上の部分）をサンプルングしたり、根の深さに応じてサンプルングしたり、または10cmまで、15cmまでといった一定の深さでサンプルングするなど、目的とする深さが決まれば、その深さまで均等にサンプルングするよう心がける。特に数地点の攪乱試料を混ぜて1つの試料とする場合には、厚さをそろえ、各地点から同程度の量をサンプルングし、平均的な試料になるように心がける。

また、ほ場の代表値を得るための土壌サンプルングに当たり、耕起・砕土後のほ場であれば気にすることはないが、畝立の場合、不耕起の場合には、以下の注意が必要である。

(a) 畝立ての場合：畝から隣の畝にかけてサンプルングする（畝と畝間両方からサンプルングする）

(b) 不耕起の場合：作物の栽培されていた列の中央部から隣の列の中央部にかけてサンプルングする（株元と株間両方からサンプルングする）

下層土までの層位別のサンプルングやある程度の深さまで100mLの採土管による未攪乱試料をサンプルングする場合には、試坑によるサンプルングを実施するが、これについては、関連書籍<sup>1),6)</sup>を参照されたい。

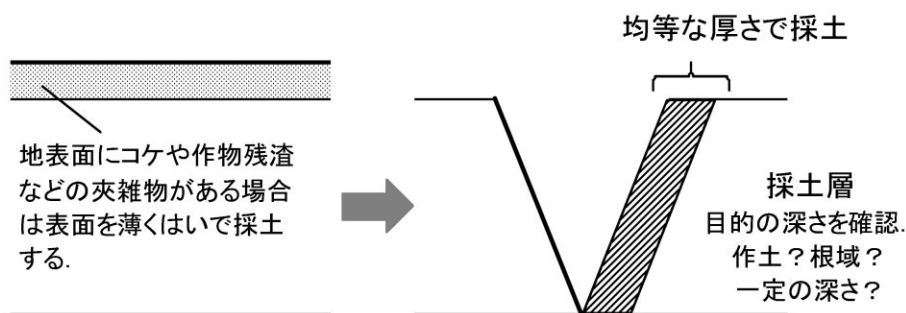


図3-4)-3：採土法

#### (4) 事例研究：特性の異なる土壌の分布を効率的に把握する

##### a) 航空写真と地形図を利用した浅礫層分布の推定

茨城県筑西市にある田谷川土地改良区は、小貝川・五行川と大谷川に挟まれた約540haの水田地帯である。小貝川は氾濫や流路の変更を繰り返していたため、礫質な土壌から粘質な土壌まで様々な土壌が地域内に分布している。かつては地形に沿ってほ場が配置され、土壌特性に応じた土地利用であったと思われるが、現在では大規模なほ場整備が実施され、30a区画を基準とした、一見、均一なほ場がもとの地形とは無関係に並んでいる。しかし、もとの地形や土壌特性の影響と思われる極端な地力ムラが存在し、畑転換時に作物生育ムラが生じていた。

この地域で作物生育の阻害要因となる浅礫層（作土直下に存在する礫層）の分布を効率的に調

査するために、近赤外カラー航空写真とほ場整備前の地形図を利用した。一般的に、近赤外カラー航空写真の解析によって作物生育ムラを把握することができる。また、礫質なほ場は水持ちが悪いためほ場整備前は畑利用されていたと仮定し、作物の生育不良エリアと基盤整備前に畑だったエリアとが一致する部分を浅礫層の分布域として推定した（図3-4）-4）。航空写真と古い地形図データを重ね合わせて土壌の分布を効率的に把握する試みであり、実際に現地で礫層の出現深度を確認し、この手法の有効性を示した。

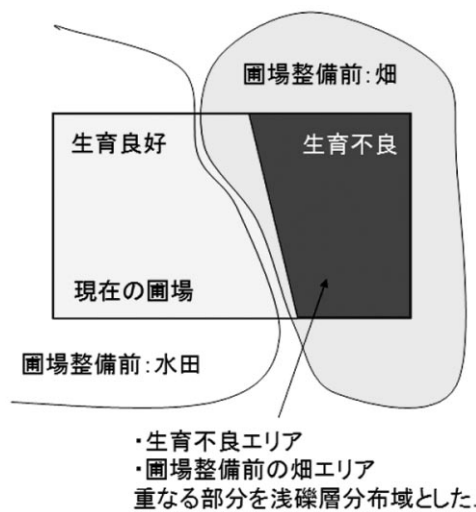


図3-4）-4 航空写真とほ場整備前の地形図を用いた解析例

#### b) 航空写真を用いた土壌特性の評価

土壌特性、特に水分や腐植含量を面的に把握するために、リモートセンシングの利用が試みられてきた。衛星画像の解像度が上がり、現在では高解像度衛星になると、数十センチの解像度で対象物のデータが得られている。数百ha程度の地域で土壌の乾湿を5区分にランク付けするため、降雨後、土壌表面が乾燥していく過程を航空写真で捉え、その解析によって、一筆ごとの乾湿区分を試みた（図3-4）-5）。現状では、ほ場レベルでの水分量の推定精度は十分ではないが、このような情報は大規模農家の作付け計画やほ場管理に役立つと考えられる。

農家は長年の作付け経験を通して各自のほ場の乾湿や肥沃度を熟知しており、それらは作付け計画や作業管理の中に生かされている。衛星画像や航空写真の解析は広範囲の対象物を捕らえることができる反面、その精度の確認に工夫が必要である。土壌水分を現地でモニタリングするなど、土壌のデータを収集して比較するのはもちろんであるが、農家の作付け経験に基づく達観評価を調査し、画像解析結果と比較することも一つの手法だと考えられる。このようなデータを活用し、一致しないほ場やその原因の抽出を試みるなど、実用可能な精度を得るための改良を行っている。

航空写真の利用は土壌特性を効率的に、かつ面的に捕らえるための試みである。多地点にわたる現地調査と室内分析に基づく土壌データの収集は、容易ではない。限られた時間や労力、コストの中、このような手法も活用しながら、効率的により正確に土壌データを収集することが必要である。



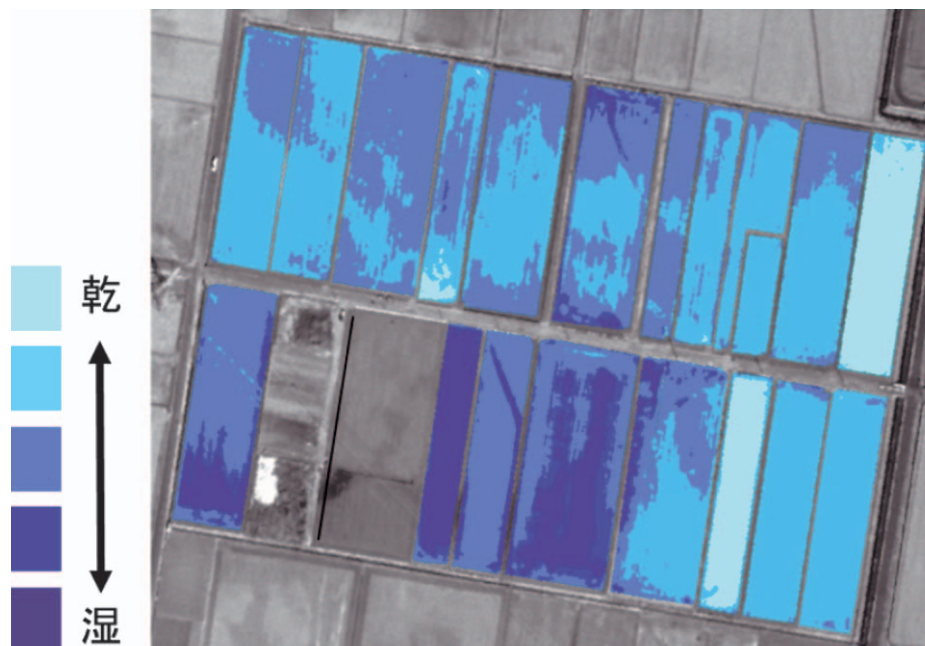


図3-4)-5 降雨後の航空写真を用いた乾湿区分

#### 引用文献

- 1) 土壤環境分析法編集委員会 (1997) 土壤環境分析法. 博友社.
- 2) 土壤養分測定法委員会 (1971) 肥沃度測定のための土壤養分分析法. 養賢堂.
- 3) 池永幸子・遠藤好恵・稲村達也 (2010) 田畑輪換を実施している連続ほ場集合体における土壤特性値の空間変動解析. 日本土壤肥科学雑誌, 81, 207-214
- 4) 草野秀・鬼鞍豊・新田一彦 (1974) 水田・畑地・牧草地におけるサンプリング. 講談社.
- 5) 松尾嘉郎 (1971) 土壤分析におけるサンプリング. 講談社.
- 6) 日本ペドロジー学会編 (1997) 土壤調査ハンドブック, 博友社.
- 7) 農業環境技術研究所土壤情報閲覧システム [http://agrimesh.dc.affrc.go.jp/soil\\_db/](http://agrimesh.dc.affrc.go.jp/soil_db/)
- 8) 農地土壤の物理性編集委員会 (2013) 農地を知る—農地土壤の物理性—. 三重大学大学院生物資源学研究科安全・安心科学技術研究センター.
- 9) 鳥山和伸 (2001) フィールドから展開される土壤肥科学—新たな視点でデータを採る・見る—1. 大区画水田における地力窒素ムラと水稻生育. 日本土壤肥科学雑誌, 72, 453-458
- 10) 矢内純太・松原倫子・李忠根・森塚直樹・真常仁志・小崎隆 (2008) 土壤診断のための水田土壤の合理的サンプリング法の検討—土壤のサンプリング頻度とデータの信頼性との関係—. 日本土壤肥科学雑誌, 79, 61-67

(淵山 律子)

## 5) 経営データの収集・整理方法

### (1) 経営データの収集

現地実証試験は、実際の営農現場で技術体系を組み立てていくことをねらいとする研究である。その目標は、新しい技術体系を確立し、普及させていくことにあるから、現地実証においては、実証ほ場における新技術の経済性に関わるデータの収集を実施していく必要がある。同時に、実証経営の経営耕地全てで新技術を実証することは困難であり、実証面積は一部に止まらざるを得ないことから、このような限られた面積での実証結果をもとにその技術がどのような経済的効果を持つかを示すためには実証経営に関わる経営データも求められるという点にも留意が必要である。

特に、限られた面積の実証データに基づき経営全体への効果を検証するためには、経営モデルに基づく経営シミュレーションを実施するという方式が有効である。したがって、そのような経営モデルを作成するには実証ほ場のデータだけでなく、実証経営全体に関わるデータを収集、整理していくことが求められる。

なお、ここで言う「経営データ」とは、①作物・品種・栽培方法・作型別の収量、品質、販売単価、生産費（資材費等）、②同じく作物・品種・栽培方法・作型別、かつ、時期（月、あるいは旬）別の労働時間、③実証経営の経営面積（地目別）、労働者数（オペレータ、補助者）、主な機械施設装備等に関するデータである。

これらは、前述したように経営全体としても把握するが、現地実証試験のほ場に対しては、さらに、①どの作業を、何時、何人で実施し、どれだけ時間がかかったか（ほ場内での作業時間だけでなく、ほ場間移動や準備に関わる時間も含む）、また、②資材として何を、どれだけ投入したか、単価はいくらか、③作業に用いた機械の種類、使用燃料の量（可能であれば）や単価、機械の稼働時間、④収穫物の収量（全刈り収量が望ましい）、品質等のデータを記録する。なお、生育データ、土壌データなど研究課題に対応した情報は別途収集する。

実証ほ場のデータはそれぞれ担当者が記録するが、経営全体のデータは経営者に依頼する。この場合、実際上は、簿記記録や作業日誌、さらに、聞き取り調査に基づき収集することになる。なお、簿記記録は、法人経営であれば必要なデータは決算書に整備されているので、その損益計算書データ（あるいは総勘定元帳のデータ）を得られれば便利である。また、個人経営であれば、青色申告決算書の数字が利用できる。

但し、会計データは、実証経営にとって個人情報そのものであり、また、そこには経営の収支状況や負債の状況等が詳しく記載されている。そのため、実証経営の経営者との信頼関係が築けていないと、このようなデータの入手は困難である。また、そのようにして収集した資料は、個人情報保護法に基づき注意深く取り扱う必要がある。

なお、それら簿記記録として整理された会計データが得られない時は、耕種概要に沿った使用資材、使用量、単価等に関する聞き取りを実施して、データの収集に努める（その具体例は、後述の表3-5)-2を参照）。また、労働時間については、実証経営において作業日誌が記録されることが望まれるが、特に、パソコンにより作業日誌が整理されていると、作業別の労働時間の集計に当たって便利である。一方、作業日誌が記録されていない場合は、聞き取り調査により、どの作業を、いつからいつまで（作業期間）、何日間（1日の作業時間も併せて聞いておく）、何人で作業したかを把握する。このような方式で計算した作業別の総労働時間をそれぞれの作業面積で割ることにより、面積当たり労働時間が把握できる。

その他、労働力や土地、主な機械施設の状況については、経営者へ聞き取り調査等から確認する。なお、現地実証においては、開発しようとする技術が実証経営の経営目標や経営の展開方向に合致していることが重要であり、それには、実証経営がどのような特徴のある経営であるかを事前に把握しておくことが望ましい。そのため、例えば、表3-5)-1のような様式で経営概要を整理しておく、経営の特徴を理解する上で有効である。

表3-5)-1 現地実証経営の経営概要 (例)

地域	茨城県〇〇市 (温暖平坦水田地帯)			
実証経営名	(有)〇〇農園 代表者 〇〇 〇〇			
土地基盤条件	大区画ほ場整備 水利条件 パイプライン 暗渠施工			
経営のタイプ	雇用型法人経営			
経営面積	水田 80ha (うち 自作地 2 ha, 借地78ha)			
労働力	家族 2～3名 常時雇用 4～6名 臨時雇用30人日 (移植時期)			
主な機械施設装備	トラクタ 4台, 田植機 1台, レーザーレベラー, 播種機, コンバイン 2台 (自脱, 汎用), 乗用管理機, 移植機, フォークリフト, クレーン付きトラック, フロントローダー, 乾燥調製施設, 精米施設			
部門構成	水稲 50ha	大豆 25a	小麦 25ha	野菜類 (露地野菜) 3～5 ha
	農産加工 米粉販売			
作付体系	稲麦大豆 3年4作 野菜との輪作体系			
販売対応	米は消費者, 量販店, 仲卸等に直接販売 野菜は加工業者と契約栽培		小麦や大豆も一部は実需者と播種前契約して直接取引 米粉は加工業者に販売	
現地実証で導入予定の技術と目標	水稲乾田直播栽培 10当たり収量 10a 当たり労働時間	水稲疎植栽培 水稲600kg 水稲乾田直播栽培	大豆不耕起栽培 麦類450kg 6.0時間	多収品種 大豆250kg 麦類・大豆 3時間

## (2) 経営データを用いた生産費の計算方法

収集した経営データについては、10a 当たり生産費、あるいは、作業別の10a 当たり労働時間等を整理し、過年度の実績や生産費調査の数字と比較する。このうち、まず、生産費の計算方法を整理すると以下の通りである。

### a) 資材費

稚苗費、肥料費、農業薬剤費、賃借料料金などは、栽培方法間での比較を正確にするため、可能な限り耕種概要に沿って積み上げ方法で算出する。また、ここでは、資材別の投資量、資材単価を具体的に把握する。但し、そのような他の積み上げ計算が困難な費目については、決算書等のデータに基づき共通経費として面積等を用いて案分して算出する。

なお、参考までに、現地実証試験を実施し、新技術の経営内への定着を目標に研究を進めた農林水産省委託プロジェクト「水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発」(通称「担い手プロ」)において経営データを把握するために用いている様式を示すと以下の通りである。まず、表3-5)-2は、前述したように、耕種概要に基づいて投入資材、投入量、資材単価を整理するためのシートである。また、光熱動力費やその他諸材料費、土地改良及び水利費、物件税及び公課諸負担などはその様な積み上げ計算が困難であることから、表3-5)-3に示すように、経営全体の費用を面積、あるいは、機械使用時間等を用いて案分する。

表3-5)-2 水稲耕種概要 (乾田直播栽培)

費目	項目	資材名	投入量	単位	単価	単位	10 a 当たり費用	備考
種苗費		種子	5.4	kg	557	/kg	3007.8	単価は物価統計
		基肥	6	kg	214.6	/kg	1287.6	2146円/10kg, LP40とLP100を1:1
		基肥	6	kg	222.5	/kg	1335	2225円/10 a
肥料費	追肥	NK 化成	13.3	kg	80	/kg	1064	60kg/45 a, 単価は1600円/20kgと設定
	肥料費合計						3686.6	
農業薬 剤費	除草剤(1回目)	クリンチャーパス	1	l	3255	/l	3255	1627.5円/本・500ml
	除草剤(2回目)	クリンチャーパス	1	l	3255	/l	3255	1627.5円/本・500ml
	除草剤(3回目)	クリンチャー EW	100	ml	21.3	/ml	2130	2130円/100ml
	殺虫殺菌剤						0	委託(空散代金を含む)
							0	
	湖畔除草剤	エイトアップ	0.75	l	980	/l	735	0.75l/10 a として設定. 4900円/ボトル・51
	農業薬剤費合計						9375	
賃借料 及び料 金	防除(空散)						1500	防除1回1500円/10 a
	乾燥調製	荷受け重量	390	kg	22	/kg	8580	ランスセンターに委託. 乾燥調製委託料金 650円/30kg, 22円/kg で, 390kg/10 a で8580 円/10 a
賃借料及び料金計						10,080		

注: 「担い手プロ」関東温暖地を対象とした課題において作成した生産費試算シートである。表5-3)-3~表5-3)-7についても同じ。

表3-5)-3 共通経費の案分

	全体	水稲	小麦	大豆	ソバ	備考
作付面積 (ha)	98	27	30	35	6	全体は延べ面積, 単位はha
機械作業時間(時間・延べ)	3502.2	1352.7	894	1165.5	90	ソバの機械作業時間は1.5時間/10 a と仮定
光熱動力費	2,075,189	801,527	529,730	690,604	53,328	機械作業時間で案分, 販売管理費のうちの水道光熱費含む
その他諸材料費	289,433	79,742	88,602	103,369	17,720	面積で案分
土地改良及び水利費	743,880	743,880				稲作に負担
物件税及び公課諸負担	2,011,746	554,257	615,841	718,481	123,168	面積で案分
建物・農機具償却費	6,996,777	2,702,456	1,786,054	2,328,463	179,804	機械使用時間で案分.
修繕費	4,615,602	1,782,744	1,178,216	1,536,030	118,612	機械使用時間で案分.
生産管理費	867,489	239,002	265,558	309,818	53,112	面積で案分, 販売管理費のうちの管理諸費を適用
10 a 当たり生産費		水稲	小麦	大豆	ソバ	
光熱動力費		2,969	1,766	1,973	889	
その他諸材料費		295	295	295	295	
土地改良及び水利費		2,755	0	0	0	
物件税及び公課諸負担		2,053	2,053	2,053	2,053	
建物・農機具償却費		10,009	5,954	6,653	2,997	
修繕費		6,603	3,927	4,389	1,977	
生産管理費		885	885	885	885	

b) 固定費

固定費（建物及び機械の減価償却費）については、新技術導入のために新しい機械装備が必要となる場合が問題となる。しかし、新技術の実証面積が限られている場合に、例えば、現地実証面積が小さいと、それら機械等に関わる経費が過大なものになってしまう。そして、これら面積で計算した生産費をそのまま用いると、技術それ自体の評価と機械の操業度不足に伴う評価が混在することになる。そのため、ここでの面積は、必ずしも現在行っている現地実証面積ではなく、いわゆる仮想的な作付面積を設定して面積当たり固定費を計算する。具体的には、実証経営が機械施設の稼働に関して十分な経営面積にある時にはその作物別作付面積を用いるか、あるいは、線形計画法に基づく経営シミュレーションによって導入可能と考えられる新技術の面積を計算し、その稼働面積を用いて単価当たり償却費を計算する。

なお、機械施設の実際の利用年数は事例により異なる場合も多いが、他の事例と共通した条件で比較するために、耐用年数については機械が7年、建物が15年、残存価格はゼロとして計算する。表3-5)-4は、それら固定費の整理の例を示したものである。

表3-5)-4 減価償却費の計算（例）

資産名称	耐用年数(年)	取得価額	年間減価償却費	移植	乾直	麦	大豆	移植負担償却費	乾直負担償却	小麦負担償却	大麦負担償却	大豆負担償却費
トラクター70ps	7	5,800,000	828,571	1	1	1	1	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310
トラクター40ps	7	3,200,000	457,143	1	1	1	1	723	723	723	723	723
田植機8条乗用高速	7	2,600,000	371,429	1				2,825				
5条刈自脱コンバイン	7	6,000,000	857,143	1	1	1		1,914	1,914	1,914		
汎用コンバイン	7	9,000,000	1,285,714	1	1	1	1	2,032	2,032	2,032	2,032	2,032
乾燥機	7	1,200,000	171,429	1	1	1	1	271	271	271	271	271
乾燥機	7	1,000,000	142,857	1	1	1	1	226	226	226	226	226
糶摺機	7	1,400,000	200,000	1	1			760	760	760	760	760
ロータリーシーダー	7	1,300,000	185,714				1			502	502	502
不耕起播種機	7	2,250,000	321,429		1	1	1		641	641	641	641
レーザーレベラーL L5000	7	3,200,000	457,143		1	1	1		723	723	723	723
その他作業機	7	2,000,000	285,714	1	1	1	1	452	452	452	452	452
作業舎	15	6,000,000	400,000	1	1	1	1	632	632	632	632	632
乾燥調製施設	15	48,000,000	3,200,000	1	1	1	1	5,058	5,058	5,058	5,058	5,058
事務所	15	4,500,000	300,000	1	1	1	1	474	474	474	474	474
合計		38,950,000	5,564,286					16,677	15,217	15,719	13,805	13,805
現地実証経営の実績、あるいは線形計画法による	面積 (ha)											
移植作付面積	13.15	計画段階で想定した経営モデルとしての作付面積か、線形計画法に基づく経営シミュレーションによって導入可能と考えられる新技術の面積を入力する										
乾直作付面積	13.15											
小麦作付面積	9.24											
大麦作付面積	9.24											
大豆作付面積	18.48											
合計作付面積	63.26											

## c) 労働費

労働費は、役員報酬等水準は経営によりかなり異なるため、給与（法人の場合）を用いずに、労働時間に生産費調査の労働単価（厚生労働省の毎月勤労統計における地域の製造業の労賃単価）を乗じて計算する。家族・雇用の違いはこだわらない。なお、実証経営の個別事情により機械修理などの時間数がかなり多くなる場合があるが、技術体系に関わる事項ではないためこれらは含めない。但し、技術対応として不可欠な作業に係る労働時間は集計に含める。

労働費の計算の基となる労働時間については、作業別に、作業日誌の記録やタイムスタディ結果の分析、聞き取り調査結果などを用いて算出し、表3-5)-5のように整理する。また、経営シミュレーションのための経営モデルを作成する際には、それぞれの作業が実施される時期、期間に関する情報も必要である。そのため、これらについては、例えば表3-5)-6のような様式で整理を行うと便利である。

表3-5)-5 稲作労働時間の集計・比較表 (時間/10a)

区分	生産費調査 平成15年産 茨城県平均		生産費調査 平成15年産 大規模層 (都府県15ha 以上層平均)		対象事例	備考
	慣行移植栽培	慣行移植栽培	不耕起乾田 直播栽培	移植栽培		
レーザー均平			1.50	1.50	昨年度実績	
種子予措	0.53	0.26		1.38	昨年度実績	
育苗	3.47	2.41		0.49	昨年度実績	
耕起整地	5.43	1.89		1.58	昨年度実績（代かき作業のタイムスタディによれば73aの大区画整形ほ場で2時間・1人、0.27時間/10a）	
基肥	1.28	0.35	0.00	0.00		
直播播種	0.00	0.05	1.88		移動（10分・2人、準備10分・2人、播種65分・1人、鎮圧35分・1人、45a全体。なお、播種同時施肥	
田植え	4.73	1.84		1.2	昨年度実績	
追肥	0.64	0.27	0.15	0	乾直0.6667時間/45a	
除草	2.00	1.36	1.49	0.26	乾直：除草剤散布0.2時間/10aを3回。手取り除草4時間/45a。（0.889時間/10a） 移植：手取り除草60.83時間/27ha（0.255円/10a） 乾直：湖畔除草剤散布0.1667時間/450a（0.037時間/10a）、湖畔除草1.8333時間/45a（0.407時間/10a） 移植：湖畔除草剤散布58.83時間/27ha（0.218時間/10a）、湖畔機械除草4.5時間/27a（0.017時間/10a）。	
管理	6.60	2.27	0.44	0.24	委託（ヘリによる空散）	
防除	0.51	0.33	0	0	収穫148時間/27ha（0.548時間/10a）、糶運搬131時間/27ha（0.185時間/10a）	
刈り取り・脱穀	4.44	1.70	0.73	0.73	ライスセンターに委託	
乾燥	1.68	0.57	0	0	昨年度実績に作業日誌記帳時間0.1時間/10aを追加	
生産管理	0.24	0.49	0.51	0.51		
計	31.55	13.79	6.70	7.89		
機械作業関連労働時間	17.56	6.40	4.11	5.01		

注：ここでは、プロジェクト開始当時の様式を用いているため比較対象は平成15年産の生産費調査結果となっているが、この年時は直近年、あるいは基準年に適宜修正を行う必要がある。

表3-5)-6 時期別労働時間の集計表

水稲乾田 直播栽培	10a 当たり 労働時間	月	旬～	～月	旬	旬の 数	旬当たり 労働時間	1月 上旬	～	5月 中旬	5月 下旬	6月 上旬	6月 中旬	～	12月 下旬
レーザー均平	1.50	1	1	4	2	11	0.14	0.14	～	0.00	0.00	0.00	0.00	～	0.00
直播播種	0.77	4	2	4	3	2	0.39	0.39	～	0.00	0.00	0.00	0.00	～	0.00
除草	0.20	5	2	6	3	5	0.04	0.04	～	0.04	0.04	0.04	0.04	～	0.00
管理	2.33	5	3	8	2	9	0.26	0.26	～	0.00	0.26	0.26	0.26	～	0.00
防除	0.00	8	1	8	2	2	0.00	0.00	～	0.00	0.00	0.00	0.00	～	0.00
刈り取り・脱穀	0.91	9	1	9	3	3	0.30	0.00	～	0.00	0.00	0.00	0.00	～	0.00
乾燥	0.91	9	1	9	3	3	0.30	0.00	～	0.00	0.00	0.00	0.00	～	0.00
生産管理	0.41	12	3	12	3	10	0.04	0.04	～	0.00	0.00	0.00	0.00	～	0.04
合計	7.03							0.18	～	0.04	0.30	0.30	0.30	～	0.04

水稲移植栽培	10a 当たり 労働時間	月	旬～	～月	旬	旬の 数	旬当たり 労働時間	1月 上旬	～	5月 中旬	5月 下旬	6月 上旬	6月 中旬	～	12月 下旬
種子予措	1.38	4	1	5	3	6	0.23	0.00	～	0.23	0.23	0.00	0.00	～	0.00
育苗	0.49	5	1	5	3	3	0.16	0.00	～	0.16	0.16	0.00	0.00	～	0.00
耕起整地	1.58	6	1	6	3	3	0.53	0.00	～	0.00	0.00	0.53	0.53	～	0.00
田植え	1.20	6	1	6	3	3	0.40	0.00	～	0.00	0.00	0.40	0.40	～	0.00
管理	2.33	6	2	9	3	11	0.21	0.00	～	0.00	0.00	0.00	0.21	～	0.00
防除	0.00	8	3	9	2	3	0.00	0.00	～	0.00	0.00	0.00	0.00	～	0.00
刈り取り・脱穀	0.91	10	1	10	3	3	0.30	0.00	～	0.00	0.00	0.00	0.00	～	0.00
乾燥	0.91	10	1	10	3	3	0.30	0.00	～	0.00	0.00	0.00	0.00	～	0.00
生産管理	0.41	6	1	10	3	15	0.03	0.00	～	0.00	0.00	0.03	0.03	～	0.00
合計	9.21							0.00	～	0.39	0.39	0.95	1.17	～	0.00

## d) その他考慮すべき事項

資材の使用や機械施設設備の内容、労働時間などに関しては実証経営の個別事情により生産費水準が影響を受けることがあるが、生産費の計算は新技術の経済性評価をねらいとしていることから、個別事情で特に一般的な水準と大きく異なる部分については、適宜、修正を行う。例えば、乾燥調製作業受託を多く請け負っていると、乾燥調製施設に関して多額の投資がなされることがあるが、その経費を作付面積で割ると過大な生産費になることから、このような場合は受託面積も含めて計算する。また、必ずしも技術的に合理性のない機械施設設備に対しては計算からは除外する。

## e) 生産費の比較評価

生産費は、全算入生産費とすると、地代水準の差など地域性や個別事情が大きく反映されるため、比較においては、通常は費用合計について整理を行う。但し、収益性の検討も必要になるため、支払地代等の水準についても併せて把握する。

また、生産費水準の比較は、①農水省統計部の生産費調査における各地（都県）の平均値と、②農業地域等の大規模（同一規模層）の数値の比較（生産費調査の農業地域別等の数字を用いる）、さらに、実証経営の対前年実績値という3種類の比較を行う。なお、その様な生産費比較の例を表3-5)-7)に示した。これらを用いて現地実証技術に関する生産効率の水準を比較することができる。

表3-5)-7 現地実証経営の生産費の比較・整理

作物		水稻（平成19年度）				参考（平成18年度）	
区分	生産費調査 平成15年産 茨城県平均	生産費調査 平成15年産 大規模層 (都府県平均)		対象事例		対象事例	
		現状平均	15ha以上	不耕起乾田 直播栽培	移植栽培	備考	不耕起乾田 直播栽培
種苗費	2,726	1,998	3,008	2,228	耕種概要シートから	1,492	1,126
肥料費	6,052	6,723	3,687	2,160	耕種概要シートから	1,939	4,245
農業薬剤費	4,485	6,969	9,375	5,055	耕種概要シートから	4,598	4,321
光熱動力費	2,933	3,002	2,969	2,969	共通経費シートから	1,337	1,337
その他諸材料費	2,434	1,497	295	295	共通経費シートから	2,274	2,274
土地改良及び水利費	8,821	3,548	2,755	2,755	共通経費シートから	3,712	3,712
賃借料及び料金	9,866	6,769	10,080	12,720	耕種概要シートから	8,580	10,560
物件税及び公課諸負担	2,290	1,303	2,053	2,053	共通経費シートから	740	740
建物・農機具償却費	20,750	12,950	10,009	10,009	共通経費シートから	9,473	8,961
修繕費	5,009	9,699	6,603	6,603	共通経費シートから	2,346	2,346
生産管理費	163	758	885	885	共通経費シートから	711	711
労働費	45,239	23,406	10,050	11,830	労賃単価1500円/時間で計算	8,996	14,406
費用合計	110,768	78,622	61,768	59,562		46,198	54,739
資材費（変動費）	44,779	42,266	41,709	37,723		27,729	31,372
償却費	20,750	12,950	10,009	10,009		9,473	8,961
労働費	45,239	23,406	10,050	11,830		8,996	14,406
10a 当たり収量（kg）	508	524	390	510		390	480
60kg 当たり費用合計	13,083	9,003	9,503	7,007		7,107	6,842
10a 当たり労働時間	31.55	13.79	6.70	7.89		6.12	9.80
作付面積（a）			45	2655		30	1470

注：ここでは、プロジェクト開始当時の様式を用いているため比較対象は平成15年産の生産費調査結果となっているが、この年時は直近年、あるいは基準年に適宜修正を行う必要がある。

### (3) 経営シミュレーションの方法

経営シミュレーションにおいては、上記の生産費データや労働時間に関するデータを使用するが、さらに、利益の状況を示す販売単価、単収、助成金等に関する情報も必要である。これらについては、例えば、表3-5)-8のような様式で整理を行う。なお、価格は変動もあるので、何年間かの平均を用いることも検討する必要がある（但し、傾向的に下落している場合には、平均値は実勢値よりも高くなりやすいことにも注意が必要である）。

また、これらのデータをもとに表3-5)-9のような数学モデルを作成することで経営シミュレーションが実施できる。このことにより技術導入の経済効果や、さらに検討すべき課題とも明らかにすることが可能となる。但し、この手法は一定のテクニックを必要とすることから、研究所の経営研究分野と連携しつつ実施することが望まれる。



表3-5)-8 販売単価の整理

作物・品種・栽培方法等	水稲（品種 A・移植栽 培）	水稲（品種 B・移植栽 培）	水稲（品種 B・乾田直 播栽培）	大豆（品種 C・不耕起 狭畦栽培）	小麦（品種 D・慣行耕 起栽培）	大麦（品種 E・慣行耕 起栽培）
10 a 当たり収量（kg/10 a）	540	600	580	240	420	450
販売単価（円/kg）	245	260	220	120	40	35
米の直接支払い交付金（円/10 a）	15,000	15,000	15,000			
畑作物の直接支払い交付金（円/kg）				189	106	107
10 a 当たり収入（円/10 a）	147,300	171,000	142,600	74,040	61,320	63,720

表3-5)-9 線形計画法試算のための単体表（例）

【単体表】

	0	1	2	3	4	5	9	10
		水 稲・移 植栽培	水 稲・直 播栽培	小麦+大 豆(経 営 地)	大麦+大 豆(経 営 地)	食用水稲+ 大麦	基幹労働 力(男子) (人)	基幹労働 力(女子) (人)
利益計数(万円)		7.761718	6.872578	7.404094	7.074784	7.15175943		
1 土地	1000	1	1	1	1	1		
2 転作制約	<	-0.33	-0.33	0.67	0.67	-0.33		
4 基幹労働力(男子)	2						1	
5 基幹労働力(女子)	1							1
6 1月上旬		0.292294	0.177364	0.214667	0.214667	0.025	-60.000	
7 1月中旬		0.292294	0.177364	0.268667	0.268667	0.079	-60.000	
8 1月下旬		0.292294	0.177364	0.268667	0.268667	0.079	-60.000	
9 2月上旬		0.292294	0.177364	0.102	0.102	0.079	-60.000	
10 2月中旬		0.292294	0.177364	0.102	0.102	0.079	-60.000	
11 2月下旬		0.292294	0.177364	0.102	0.102	0.079	-60.000	
12 3月上旬		0.373544	0.177364	0.14	0.14	0.117	-60.000	-60.000
13 3月中旬		0.689544	0.177364	0.14	0.14	0.117	-60.000	-60.000
14 3月下旬		0.689544	0.177364	0.14	0.14	0.117	-60.000	-60.000
15 4月上旬		0.648544	0.136364	0.092	0.092	0.32186111	-60.000	-60.000
16 4月中旬		0.648544	0.521364	0.092	0.092	0.32186111	-60.000	-60.000
17 4月下旬		0.512181	0.385	0	0	0.22986111	-60.000	-60.000
18 5月上旬		0.4	0	0	0	0.92569444	-60.000	-60.000
19 5月中旬		0.633	0.04	0	0.533333	0.92569444	-70.000	-70.000
20 5月下旬		0.633	0.298889	0	0.533333	0.92569444	-70.000	-70.000
21 6月上旬		0.233	0.298889	0.533333	0.533333	0.954	-60.000	-80.000
22 6月中旬		0.233	0.298889	0.533333	0	1.16581818	-60.000	-80.000
23 6月下旬		0.233	0.298889	0.793333	0.26	1.16581818	-60.000	-80.000
24 7月上旬		0.233	0.258889	0.370833	0.370833	0.23915152	-60.000	-80.000
25 7月中旬		0.233	0.258889	0.370833	0.370833	0.23915152	-60.000	-60.000
26 7月下旬		0.233	0.258889	0.370833	0.370833	0.23915152	-60.000	-60.000
27 8月上旬		0.233	0.258889	0.110833	0.110833	0.23915152	-60.000	-60.000
28 8月中旬		0.233	0.258889	0.360833	0.360833	0.23915152	-60.000	-60.000

29	8月下旬	0.606667	0	0.360833	0.360833	0.23915152	-60.000	-60.000
30	9月上旬	0.606667	0.606667	0.110833	0.110833	0.23915152	-60.000	-60.000
31	9月中旬	0.606667	0.606667	0.110833	0.110833	0.23915152	-60.000	-60.000
32	9月下旬	0	0.606667	0.110833	0.110833	0.23915152	-60.000	-60.000
33	10月上旬	0	0	0.110833	0.110833	0.634	-50.000	-50.000
34	10月中旬	0	0	0.500833	0.500833	0.634	-50.000	-50.000
35	10月下旬	0	0	0.500833	0.500833	0.634	-50.000	-50.000
36	11月上旬	0	0	0.6125	0.6125	0.2225	-50.000	-60.000
37	11月中旬	0	0	0.2225	0.2225	0.2225	-50.000	-60.000
38	11月下旬	0	0	0.2225	0.2225	0.2225	-50.000	-60.000
39	12月上旬	0	0	0.2225	0.2225	0.2225	-60.000	-60.000
40	12月中旬	0	0	0	0	0	-40.000	
41	12月下旬	0.041	0.041	0.048	0.048	0.025	-40.000	

(梅本 雅)

## 4. 実証試験データの統計解析手法

### 1) 始めに

ほ場実証試験と実験室内の試験の最も大きな相違は後者が十分なサンプル数を揃えることが一般には可能であるのに対し、前者はほとんどの場合限られた数のサンプル数、極端な場合にはたった1反復しか試験ができないという点にある。従って、ほ場試験を行う際には、あらかじめ十分に実験計画を吟味して、統計的な処理に耐えられる試験にしておく必要に迫られる。

現在に至るまではほ場試験結果の解析に広く用いられている統計手法は分散分析とその仲間である。これは後述する様に、収集されたデータタイプによっては必ずしも最適な手法とは言えないが、本稿では分散分析を行う前提で論を進めていく。また、ハンドブックの性質上、“マニュアルの様に使うことができる”ことを優先するために、理論的及び数学的背景についての解説はほとんど行わない。また、ほとんどの実験計画法の解説には恐ろしい量の $\sigma$ が登場して、多くの人は見ただけで挫折してしまうらしい。これは、各実験計画法の原理を理解するには必要かもしれないが、本稿ではソフトウェアを使うに当たり、誤差項に何を選べば良いのかということを中心に記述する。理論的諸背景については市販の教科書等を参考にして頂きたい。

### 2) 分散分析で解析ができるデータタイプ

初心者の方によくみられる誤解の中に「とにかく数字を取れば分散分析で解析ができる」と言うものがある。これは明らかに間違いで、実証試験の解析を分散分析によって行う場合には収集するデータの種別を絞っておく必要がある。

分散分析はデータ分布が正規分布に従っていることを前提としている。この前提が比較的成り立ちやすいデータのタイプは、

- (1) 重さや長さ等の“測る”データ
- (2) 個数等でかつ1実験区の値が30を超える“数える”データ

の2つを挙げることができる。従って、統計解析を行うことを考慮すると“ $\times\times$ 指数”などに変換しない方が有利である。また、“数える”データであったとしても、1実験区の値が数個～10数個の場合にはほとんどの場合、正規分布よりはポアソン分布に従いやすくなるので、解析もポアソン回帰等を用いた方がよい。

分散分析はデータの正規性だけでなく、等分散性も要求する。実験区間でデータの分散が大きく異なる場合には、Box-Cox変換（べき変換）を行ってから解析をすることで対処できることが多い。

しばしば問題になるのが“割合の”データの取り扱いについてである。例えば優良果率（優良果/全果実）の様に個数のデータから割合が計算される場合には二項分布に従うことが予想されるので、このような解析にはロジスティック回帰等を用いる方がよい。一方、被害面積率の様に、

割合のデータであっても二項分布には従わないことが予想される場合、逆正弦変換（アークサイン変換）を行ってから分散分析を掛けることが勧められている場合がある。しかし、逆正弦変換の理論的背景には問題としている割合のデータが二項分布をしていることが前提として含まれているため、安易な変換はお勧めできない。むしろ、Box-Cox 変換を行ってからの解析の方が良い場合が多い。

このように、“自分がどのようなデータを取って解析したいのか”とすることをあらかじめ吟味しておくことは結果の解析のしやすさに大きく影響を与えることを知っておくことが重要である。

#### 4-2) のまとめ

データタイプ	統計手法
“測る” データ（処理区の分散があまり違わない）	分散分析
“数える” データ（30以上、分散があまり違わない）	分散分析
“数える” データ（30未満）	ポアソン回帰
“割合の” データ（個数）	ロジスティック回帰
分散が異なっている場合、個数でない割合のデータ	Box-Cox 変換後に分散分析

### 3) 実験区設定の際に知っておくべき前提

実証試験をほ場で行う場合に最も留意すべき点は「自分が何を知りたいのか」を計画の段階で明確にしておくことである。なぜならば、この点が曖昧なままであると試験設定そのものが曖昧になったり試験期間中に実験設定が変更される等して、結果として「なんだかよく分からない」試験になってしまうからである。例えば、3年間の試験期間を通じてある処理の効果を判定しようとした場合、初年度と2年度以降で処理区の数異なるような実験設定を良く見かける。おそらく、1年目の結果を見て思うような結果でないので実験設定を変更したのであろうが、これではほ場試験は3年行ったとしても、“同じとみなせる” 実験は3年間行われているわけではない。従って、実際に統計解析を行う際には初年度の結果と2年度以降の結果は別々に解析されることになる。ほ場試験は一般に実験を行った年固有の気象条件などの影響を大きく受けるので多くの場合、このような実験では結論を一般化することが難しくなる。つまり、ほ場試験を行う場合には、事前に予備試験等でしっかりとどのような結論が得られる“はず”であるかを確認しておき、途中経過から実験を変更するような事態はなるべく避ける様にするのが大切である。

ほ場試験を設定する際に、陥りやすい問題としては“むやみな水準数（処理区数）の増加”が挙げられる。特に要因の効果を加算的に考えている場合には注意が必要である。例えば、ある有機肥料の効果を見るために実験を設定したとする。有機資材は組み合わせの効果があるとされていることが多いので、それに従って実験を組んでいくと6処理区以上の実験にすぐになってしまう。このような場合、実験結果を解析しても事後検定（Tukey 法など）の結果は好ましいものとはなりにくい。その理由は“多重性の問題”が生じるためである。これについてはここで詳しく述べる紙面はないが、一言で言えば対比較の組み合わせが増える程、一つ一つの対比較の判断基準は厳しくなるという統計上のルールである。従ってほ場試験の際には評価する水準数はなるべく抑えた方がはっきりした結果を得やすい。そのためには、要因を加算的に考えるのではなく、組み合わせとして考える（多元配置デザインとして考える）ことが効果的である場合が多い。

一方、ほ場内に設置される同一処理区（反復とされる）の数はできるだけ多くすることが望ましい。なぜなら、分散分析の精度はデータの全分散をいかに精度よく分割できるかによって決まるからである。そのためには、一般には10以上が望ましいとされているが、ほとんどのほ場試験ではこのような基準を満たすことは難しいであろう。しかし、要因数を増やす余力はなるべく反復数を増やすことに割振った方がよい。

#### 4-3) のまとめ

試験設計時に注意する点	意味するもの
最初の試験設計を変えないこと	解析結果の頑健化につながる
試験時の要因を厳選する	解析結果の解釈の容易さにつながる
試験時の反復数をなるべく増やす（3反復以上が必須）	解析結果の精度の向上につながる

#### 4) 固定効果と変量効果について

ほ場で何らかの試験を行うことを仮定した場合、得られるデータに影響を与える因子はいくつか考えられる。このような因子のことを”要因”と呼ぶ。例えば、ほ場で有機肥料の効果を化学肥料と比較する試験を行ったとする。この場合、自分が知りたい効果は”有機肥料の効き具合”である。しかし、得られるデータには肥料の効果だけではなく、試験に用いたほ場の地力の違いや行った年の降水量、日照など自分ではコントロールすることは出来ない要因が影響しているはずである。一般には、自分が知りたい（コントロールできる）要因の効果を”固定効果”，自分がコントロールできない要因の効果を”変量効果”として取り扱うとされている。統計モデル内では平均値に影響を与える要因が固定効果であり、平均値には影響を与えないが、分散に影響を与える要因が変量効果であるとされる。今回の例では、肥料の効果が固定効果、ほ場間差やブロック、年次等が変量効果に想定されるかもしれない。固定効果と変量効果を区別することは、解析結果に大きな影響を与える場合が多いのでこの理解は重要である。

しかしながら、実際にはある要因が固定効果なのか変量効果なのかについて明瞭に区別することは難しい場合が多い。その理由は変量効果と言う概念の背景には”その要因の効果についての世界全体での分布は正規分布に従っている”という考えがあるからである。言い換えれば、変量効果として推定された分散は世界の分散を推定した結果であり、この考え方が成り立っている場合には、限られた要因を観察することによって、世界のばらつきを反映しているとみなせるので、科学的知見として一般化しやすくなる。従って変量効果として要因を考えることは研究の価値を高める。地力（ブロック）の違い等は比較的この考えが受け入れられやすいかもしれない。しかし、年次変動等については、例えば年平均気温に年次変動が集約される場合の様に確かに年によるばらつきは存在するが全体としてはあるトレンドが存在することが考えられ、正規分布として扱うことには異論が多い。このような場合には”年ごとの違い”と考えて固定効果として考えた方が良いかもしれない。その一方で、ある害虫の発生数の様に年による違いを正規分布としてみなしても問題ない場合もある。このような時には、変量効果として考えても良い。

ある要因の影響力が世界全体では正規分布をすると言う考え方が受け入れられたとしても、実験設定の制約から変量効果として考えることが難しい場合も考えられる。例えば、ほ場を3ブロックに区切って実験を行った場合、ブロック間差を変量効果とみなすことは3ブロックから世界（というのは大げさだが）を推定することになり、正確な推定が行われているとは言いがたいか

もしれない。このような場合には、ブロックを固定効果とみなす方が良いのだが、一般にはブロックを固定効果とみなすことは好まれないので、少しでも精度を上げるためにできるなら5ブロック以上に区切ることが望ましい。

#### 4-4) のまとめ

実験に含まれる要因	意味するもの
固定効果（自分がコントロールしている要因とコントロールできない要因の一部）	想定した要因の平均値に及ぼす影響
変量効果（自分がコントロールできない要因の一部）	想定した要因の分散の背景

### 5) 完全無作為化法について

この節から具体的な試験設計についての概説となる。ほ場試験における試験設計とは実験者が研究の対象となる現象をどのように捉えているかが、強く反映される。従って、全く同じ要因について試験を行ったとしても実験者間で異なる試験デザインになりうる。この場合、どちらかが正しく、もう片方が間違っているとは言いがたいことが多く、試験結果を解釈する際に、試験者の対象に対する捉え方を考慮することが重要となる。

最初に取り上げるのは完全無作為化法と呼ばれる手法である。この手法を用いる前提として、実験区画間で実験の影響が伝わらないこと、試験に用いるほ場の地力は同じであるとみなすことができることが挙げられる。例えば、よく耕されたほ場で粒剤の試験をする場合等が挙げられるであろう。完全無作為化法では、ほ場のどこから取ったデータであっても、同じ要因しか作用していない場合には、データのばらつきは偶然によるものであると考える。

最初に一元配置試験の例として、ある作物の害虫抵抗性を比較するために4品種を試験することを考える。前提として侵入してきた害虫はそこで増殖はするが移動分散は行わない、どの区画にも害虫の侵入は等確率で起こるということを仮定する。ほ場内は均一であると考えるので各品種5反復（これは適当な数で良いのだが3以上は必須と考えた方がよい）をほ場内に割振っていく。具体的には最初にはほ場を20区画に区切り、その中にランダムに品種を5区画割振れば良い(図4-1)。注意すべき点は品種の配置はランダムであるので、縦横に同じ品種が配置されることがありうるということである。この際にこうした配置を嫌って再度割り振りをする場合がみられるがこれではランダムにならない。

A	B	B	C	D
B	C	D	A	D
A	C	A	B	C
B	D	C	A	D

図4-1 完全無作為化法によって4品種を配置した場合の例  
縦横に同じ品種が割振られる場合がある

解析に用いるモデルは以下のものになる。

$$Data = \mu + Strain + \epsilon$$

ここで  $\mu$  は平均値，*Strain* は要因の効果，誤差 ( $\epsilon$ ) は各品種内のばらつきを全て足したもので推定される。従って各品種について区画内で観察された害虫の個体数が表4-1であったとすると分散分析表は表4-2のようになる。

表4-1 一元配置完全無作為化法により得られたデータ

	品種A	品種B	品種C	品種D
反復1	114	97	64	80
反復2	118	103	88	76
反復3	121	71	87	88
反復4	111	84	81	86
反復5	98	65	61	60

表4-2 一元配置完全無作為化法による分散分析表

要因	<i>d.f.</i>	MS	<i>F</i> 値	<i>p</i> 値
品種	3	1416.85	8.9532	0.0010
誤差	16	158.25		

多元配置に拡張しても原理は全く変わらない。例えばある作物の害虫抵抗性について品種だけではなく、粒剤の効果についても同時に試験を行うことを考えてみる。ほ場が狭いので、品種は2種類、粒剤は有無、反復は3回で行うとすると、手順としては最初には場を12分割する。試験は4つの組み合わせが考えられる（品種×粒剤）のでこの組み合わせごとにランダムに割振っていけば良い。この例では解析に用いるモデル構造は

$$Data = \mu + Strain + Dose (+ Strain \times Dose) + \epsilon$$

となる。ここで  $\mu$  は平均値，*Strain* は要因の効果，*Dose* は粒剤の効果，誤差 ( $\epsilon$ ) は各組み合わせ内のばらつきを全て足したもので推定される。各組み合わせで観察された害虫個体数が表4-3であったとすると分散分析表は表4-4として表される。

表4-3 二元配置完全無作為化法により得られたデータ

	品種A		品種B	
	粒剤有	粒剤無	粒剤有	粒剤無
反復1	35	115	34	87
反復2	27	128	39	91
反復3	31	99	24	76

表4-4 二元配置完全無作為化法による分散分析表

要因	<i>d.f.</i>	MS	<i>F</i> 値	<i>p</i> 値
品種	1	588.00	6.8042	0.0031
粒剤	1	13736.33	158.96	<.0001
交互作用	1	705.33	8.16	0.0213
誤差	8	86.42		

## 4-5) のまとめ

完全無作為化法の前提	意味するもの
ほ場内が均一であると考えられること	ほ場内の区画の背景は同一
ほ場区画間の影響はないと考えられること	ほ場内の区画は独立が保証

## 6) 乱塊法について

先に紹介した完全無作為化法に対して乱塊法は地力の違いが（おそらくは）存在する場合に用いられる手法である。このような場合には、試験区をほ場内にランダムに配置をしてしまうと試験区間のばらつきが偶然なのか場所の影響なのかが分離できないので正しい試験が出来ないことになる。もう一つの仮定であった実験区画間で実験の影響が伝わらないことは同様に仮定される。

地力の違いを検出するために完全無作為化法とは異なり、乱塊法では最初にほ場をいくつかの小区画に分離する。一般にはこのような小区画はブロックと呼ばれる。ブロック内では地力の違いはないものとみなすので、各試験区はブロック内ではランダムに配置すれば良い。

最初に一元配置試験の例として、ある作物の害虫抵抗性を比較するために4品種を試験することを考える。ほ場内は均一ではないことを前提としているので始めにほ場を5つのブロックに区切る。その中にランダムに品種を5区画割振れば良い（図4-2）。注意すべき点は品種の配置はランダムであるので、縦に同じ品種が配置されることはありうることである。完全無作為化法の節でも触れた様に、こうした配置を嫌って再度割り振りをする場合がみられるがこれではランダムにならない。

ブロック1	A	B	D	C
ブロック2	B	C	A	D
ブロック3	A	D	C	B
ブロック4	D	B	A	C
ブロック5	C	B	D	A

図4-2 乱塊法によって4品種を配置した場合の例

解析に用いるモデルは以下のものになる。

$$Data = \mu + Strain + Block + Residuals$$

ここで $\mu$ は平均値、*Strain*は要因の効果、*Block*はブロック間の違い、残差(*Residuals*)はデータの全分散から品種による分散、ブロックの分散を引いた残りで推定される。従って各品種について区画内で観察された害虫の個体数が表4-5であったとすると分散分析表は表4-6のようになる。

多元配置に拡張しても原理は全く変わらない。例えばある作物の害虫抵抗性について品種だけではなく、粒剤の効果についても同時に試験を行うことを考えてみる。ほ場が狭いので、品種は2種類、粒剤は有無、ブロックは3回で行うとすると、手順としては最初にほ場を3ブロックに分割する。試験は4つの組み合わせが考えられる（品種×粒剤）のでこの組み合わせごとにブロック内にランダムに割振っていけば良い。この例では解析に用いるモデル構造は



$$Data = \mu + \text{Strain} + \text{Dose} (+ \text{Strain} \times \text{Dose}) + \text{Block} + \text{Residuals}$$

となる。やはり残差は主効果等の推定部分の残りで推定される。各組み合わせで観察された害虫個体数が表4-7であった場合には分散分析表は表4-8として表される。

お気づきの方もいるであろうが、実は先の完全無作為化法の例と乱塊法の例は全く同じデータから検定を行っている。実験者が設定した要因の効果は一元配置の例では乱塊法の方が少し検出力が高く、二元配置の例では完全無作為化法の方が高くなっている場合がある。なぜこのようなことが起こるのかと言うと、分散分析の検定原理に関係がある。分散分析はデータの全分散を各要因の平均値とデータ全体の平均値とのズレの分散（要因間分散）と誤差あるいは残差として考えられる分散（誤差分散）を比較して検定としている。乱塊法ではデータの全分散は要因間分散、ブロック分散、誤差分散と3種類に分割されるのに対して、完全無作為化法では要因間分散と誤差分散の2種類に分割されるために自由度との兼ね合いもあるが一般には乱塊法で推定される誤

表4-5 一元配置乱塊法により得られたデータ

	品種A	品種B	品種C	品種D
ブロック1	114	97	64	80
ブロック2	118	103	88	76
ブロック3	121	71	87	88
ブロック4	111	84	81	86
ブロック5	98	65	61	60

表4-6 一元配置乱塊法による分散分析表

要因	d.f.	MS	F 値	p 値
品種	3	1416.85	16.624	0.0001
ブロック	4	377.33	4.427	0.0199
残差	12	85.23		

表4-7 二元配置乱塊法により得られたデータ

	品種A		品種B	
	粒剤有	粒剤無	粒剤有	粒剤無
ブロック1	35	115	34	87
ブロック2	27	128	39	91
ブロック3	31	99	24	76

表4-8 二元配置乱塊法による分散分析表

要因	d.f.	MS	F 値	p 値
品種	1	588.00	12.474	0.0123
粒剤	1	13736.33	291.401	<.0001
交互作用	1	705.33	14.963	0.0083
ブロック	2	204.25	4.333	0.0685
残差	6	47.14		

差分散は小さくなりやすい。多くの場合には、誤差（残差）の自由度が10以上になるような実験系では乱塊法の方が有意差を言いやすいとされている。つまり、大きなほ場で試験を行なう場合には区画をたくさん取れるので乱塊法が適しており、比較的小さなほ場で試験をせざるを得ない時には完全無作為化法の方が処理区間の違いを検出しやすい。このことは、大きなほ場の方が地力の違いが存在する確率が高そうであると一般には言えるので合理的でもある。

乱塊法で重視される”ブロック”は実際のほ場の区画に限定されるわけではない。例えば、3年間完全無作為化法の試験を行なったとしよう。この場合、各年次の中では、試験区は完全にランダムに配置されている。しかし、試験期間全体で見るとランダム配置は達成されていない。このような場合には、年次をブロックとして考えれば良い。もちろん、複数年次の乱塊法なら1次ブロックが年次、2次ブロックがほ場のブロックとして考えれば良い。

#### 4-6) のまとめ 1

乱塊法の前提	意味するもの
ほ場内の区画間では影響がないこと	ほ場区画間では独立性が保証
ほ場内では地力の違いが（おそらくは）存在すること	ほ場をブロックで区切り、地力の違いを除去

#### 4-6) のまとめ 2

乱塊法を選択	完全無作為化法を選択
比較的広いほ場で区画をたくさん作れる 複数年の試験（年次がブロックとなる）	狭いほ場で区画をたくさんは作れない

### 7) ラテン方格法について

完全無作為化法、乱塊法は仮定の違いはあるが、どちらも試験を実施する際の制約が（ほ場試験としては）少ない場合に用いる手法であった。しかし、この節以降は重大な制約が存在する場合に用いる手法について取り上げる。強調したいことは実験設計上の制約がかかるということは、試験結果の信頼性に対して何らかの代償を必ず払わなければならないということである。その代償は制約の性質に大きく依存する。

始めに、ほ場内に地力の勾配が縦横両方向に存在することを仮定してみる。この場合には乱塊法で行ったような一方向へブロックを切ったとしてもブロック内は均一であるとは言えない。このような状況の下で実験設定を行うためのものがラテン方格法と呼ばれる手法である。例としてこのようなほ場を用いてある植物の収量について3種類の肥料の比較を行ってみる。ほ場内には複数の勾配が存在するので単にランダムに配置をしてもデータのばらつきは偶然によるものであるとは言えない。むしろ、ほ場中に存在する勾配に対して全ての処理区を均一に実験することで何とか対処することを考える。そのために、ほ場中に図4-3の様に実験区を割振っていく。ポイントは縦、横の行列に全ての実験区が同数割振られ、かつ同一処理区が隣接しない様に配置することである。この条件を満たすために通常、ほ場は自分が実験したい要因の水準数で正方分割される。この実験におけるモデル構造は

$$Data = \mu + Treat + Block\alpha + Block\beta + Residuals$$

となる。例えば、得られたデータが表4-9であった場合には分散分析表は表4-10として表される。

		環境勾配 $\alpha \rightarrow$		
環境勾配 $\beta \downarrow$		A	B	C
		C	A	B
		B	C	A

図4-3 ラテン方格法による実験区割り付けの例

表4-9 ラテン方格法により得られたデータ

	処理A			処理B			処理C		
	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$
$\beta 1$	48	-	-	-	67	-	-	-	46
$\beta 2$	-	54	-	-	-	68	47	-	-
$\beta 3$	-	-	46	74	-	-	-	55	-

表4-10 ラテン方格法による分散分析表

要因	<i>d.f.</i>	MS	F 値	p 値
施肥	2	413.44	22.83	0.0420
勾配 $\alpha$	2	16.44	0.91	0.5241
勾配 $\beta$	2	21.44	1.18	0.4579
残差	2	18.11		

この場合、均一なほ場を使えないと言う実験上の制約の代償は、残差項の自由度が減少することによる、要因の検出力の低下（つまり、有意性を確認しにくい）ことで支払われる。

しかし、ラテン方格法を用いる最も重要な理由はこのような整備されていないほ場で試験をするためではない。例えば、どうしても品種、肥料、薬剤の3処理についてその効果を試験しなければならなかったとする。この時、仮に全ての要因について4水準考えたとしても、その組み合わせ数は $4 \times 4 \times 4 = 64$ となる。完全無作為化法でも、乱塊法でも反復、あるいはブロックを考えるとほ場内を最低でも $64 \times 3 = 192$ 区画に分割する必要がある、これはほとんどのほ場で不可能に近いと言える。このような場合に、ラテン方格法を組み合わせる（グレコラテン方格）ことにより、交互作用の検出を犠牲にして要因の効果を検出するのである。もちろん、先に示した要因間に重大な交互作用が存在する可能性は否定できないので、この結果が科学的に十分検証された結果であると判断するのは誤りである。しかし、ほとんどの研究では人力や実施期間、用意できるほ場面積等には限りがあるために、限られた資源を効果的に配分することを考えるとラテン方格法を採用すべき状況は実は非常に多いと言える。

図4-4に2要因4水準の場合のグレコラテン方格の例を示す。この実験におけるモデル構造は

$$Data = \mu + Treat 1 + Treat 2 + Block G + Block H + Residuals$$

となる。要因を品種、肥料とした場合のある作物の収量が図4-5であった場合、分散分析表は表4-11となる。仮にこの試験を完全無作為化法、又は乱塊法で行うことを仮定するとほ場は $4 \times 4 \times 3 = 48$ 区画に最低でも分割する必要がある。ほとんどのほ場ではこのような分割を行った場合

には、区画間の影響を排除することができなくなると考えられるので(例えば、害虫の調査なら、区画間移動の影響を無視できなくなる)、ラテン方格法を用いた方が相対的に正確な試験になると思われる。同時に先にも述べた様にほ場試験においては、水準数を如何に抑えるかと言うことが重要であることも理解できよう。

グレコラテン方格法を用いたからといって無制限に多要因試験が可能になるわけではない。表4-11にあるように、ラテン方格法を用いた際には分散分析時の自由度(d.f.)が大変特異になる。自由度の総和は区画数-1に常になるので、要因数を増やすためには区画数を増やしても残差自由度が0にならないようにしなければならない。例えば、図4-5の実験系に薬剤の効果(4水準となる)を付け加えるならば、現在の実験では小さ過ぎる。なぜなら、薬剤を付け加えることによって自由度は3減少するので、残差自由度は0になってしまうからである。そのために、総区画数は増やす必要があり、結果として各要因の水準数は増えることになる。例えば、ほ場を  $5 \times 5 = 25$ 区画に分割すれば、3要因5水準のグレコラテン方格法による試験が可能になる。

施肥についてのラテン方陣

A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>2</sub>
A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>

品種についてのラテン方陣

B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>4</sub>
B <sub>2</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>
B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>2</sub>
B <sub>4</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>

	H1	H2	H3	H4
G1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>4</sub> B <sub>4</sub>
G2	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>4</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>
G3	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>4</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>
G4	A <sub>4</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>

実施される圃場試験

図4-4 2×4要因のグレコラテン方格法による実験区割り付けの例

	H1	H2	H3	H4
G1	45	60	35	41
G2	51	33	27	46
G3	51	33	21	45
G4	39	47	46	36

図4-5 グレコラテン方格法により得られたデータ

表4-11 グレコラテン方格法による分散分析表

要因	d.f.	MS	F 値	p 値
施肥	3	588.46	235.38	0.0005
品種	3	102.00	40.80	0.0062
勾配G	3	137.50	55.00	0.0040
勾配H	3	328.27	131.31	0.0011
残差	3	2.50		

4-7) のまとめ1

ラテン方格法の前提	意味するもの
ほ場内の区画間では影響がないこと	ほ場区画間では独立性が保証
ほ場内では地力の違いが2方向に存在すること	ほ場を縦横のブロックで区切り，地力の違いを平均化

4-7) のまとめ2

ラテン方格法を選択する状況	支払っている代償
1 要因の場合（整備されていないほ場で試験が可能）	他の手法に比べて検出力が低下
複数要因の場合（多要因試験を実現可能）	交互作用を検出しないので結果の信頼性が低下

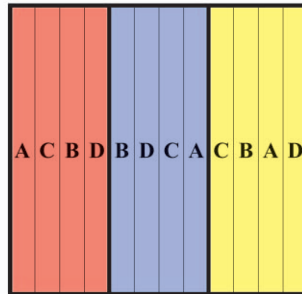
8) 分割区法について

これまでの節では実験者が想定した複数の要因からなる実験区を試験ほ場に自在に設定できる前提で話を進めてきた。しかし、現実にはこのような前提が常に成り立つわけではない。例えば、ほ場試験を行う際に、作業上の理由である処理区を固めて配置せざるを得ない場合が考えられる。また、大規模な土地改良を行ったほ場とそうでないほ場を用いて、土地改良の効果と別の要因の効果を同時に試験したい場合等もこれに当てはまる。このような場合に用いられる手法が分割区法と呼ばれるものである。分割区法の制約はランダム配置の不全であり、その代償は検出力の低下である。

二要因を想定した分割区法において、試験者が容易にその配置を変更できる要因を二次主効果、試験者がその配置に制約のある要因を一次主効果と呼ぶ。例えば、品種と施肥量の二要因について試験を行いたいとする。もしもほ場内の区画にどちらも任意に割振ることができるならば、完全無作為化法、ないし乱塊法を用いて設計すれば良い。しかし、播種の都合上区画ごとに品種を変えることが難しい場合には、品種については区画が固まってしまうことになる。このような場合には分割区法を用いざるを得ず、一次主効果が品種、二次主効果が施肥量となる。先にも述べた様に、一次主効果はランダム配置に限界があるのに対して、二次主効果には制約がかからない。従って、検出力の低下は一次主効果についてであって二次主効果の検出が実験の主目的になる。

例として、5つのほ場を用いて3品種と4施肥量の二要因について解析することを考えてみる。図4-6に示す様に、機械播種の都合上ほ場内でランダムには品種を配置できないので品種が一次主効果である。一方、施肥はランダムに配置できるとする。ほ場間は地力の違いがあると仮定してほ場をブロックとみなす。最初に実際の作業手順はともかくとしてほ場内を3区画に分け、そこに品種をランダムに配置してみる。これは乱塊法を行っているわけである。次に品種が植えら

れた区画をそれぞれ4区画に分け、そこに施肥量をランダムに配置する。この時、各品種内では施肥量は完全無作為化法で配置されていると考えられる。



最初に品種を各圃場ごとにランダムに配置する  
次に施肥量を各品種内でランダムに割り付ける

図4-6 ほ場をブロックと想定した分割区法の例

分割区法の特徴は他の今までの手法と異なり、検定に用いる残差（誤差）が要因ごとに異なる点にある。今回の例では一次主効果である品種と二次主効果である施肥は別々の残差項を用意しなければならない。今回の例の様に、一次主効果を乱塊法で配置できる場合、検定に用いる一次残差は一次主効果とブロックの交互作用分散（正確には平均平方）を用いれば良い。一方、二次主効果については通常の残差を用いる。従って、この実験におけるモデル構造は

$$Data = \mu + Strain + Block + Strain \times Block + Fertile + Fertile \times Strain + Residuals$$

となる。品種×ブロックの交互作用は一般には余り興味のないものだが、一次残差として用いるためにモデルに組み込まれている。ある作物の収量が表4-12であった場合、分散分析表は表4-13となる。

表4-12 ほ場をブロックと想定した分割区法により得られたデータ

	品種 a				品種 b				品種 c			
	施肥 A	施肥 B	施肥 C	施肥 D	施肥 A	施肥 B	施肥 C	施肥 D	施肥 A	施肥 B	施肥 C	施肥 D
ほ場 1	53	47	45	62	68	54	51	67	51	49	65	53
ほ場 2	52	51	55	45	45	45	57	42	56	48	61	56
ほ場 3	55	53	45	59	63	65	65	50	56	61	57	54
ほ場 4	57	58	56	55	62	65	45	68	55	61	51	52
ほ場 5	57	59	51	59	61	60	46	62	55	55	57	67

表4-13 ほ場をブロックと想定した分割区法による分散分析表

要因	d.f.	MS	F 値	p 値
品種	2	58.72	1.390	0.3033
ブロック	4	83.00	1.965	0.1931
第一残差	8	42.24		
施肥	3	26.02	0.603	0.6171
施肥 x 品種	6	30.78	0.714	0.6408
第二残差	36	43.13		

次に、ほ場をブロックとして考えられない場合について取り上げてみる。例えば、大規模操作等を行ったほ場とそうでないほ場を比較して土地改良の効果を知りたい場合等が考えられる。この場合、土地改良はほ場単位で行われるので、一ほ場は土地改良については一つの処理とせざるを得ないとする。例として、たくさん使えるほ場の中からランダムに4ほ場を選び、そのうちの2ほ場では土地改良を行い、残り2ほ場では土地改良を行わないとしよう。この状況で第二主効果として3品種の効果を同時に考えてみる。各ほ場に5ブロックを切り、乱塊法で3品種を割振ると図4-7のような実験配置になる。特に強調すべき点は、各ほ場では乱塊法を行っているが、ほ場に設けられたブロックはほ場間では一致していないということである。

	土地改良A <sub>1</sub>			土地改良A <sub>2</sub>			土地改良A <sub>2</sub>			土地改良A <sub>1</sub>		
G1	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
G2	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>
G3	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
G4	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>
G5	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>

図4-7 ほ場が第一主効果である場合の分割区法の例

この例では、ブロックが第一主効果を横断しておらず完全無作為化法で配置されているので、第一主効果（土地改良）に対する第一残差は各ほ場間差となる。ほ場間の違いはブロックとして考える場合と同様に変量効果として考えればよい。また、ほ場ごとに切られたブロックはネスト構造としてモデルに組み込まれる。これも変量効果である。これは主効果の解析には用いないが、モデル全体の分散の分割に必要である。従って、この実験におけるモデル構造は

$$Data = \mu + Treat + Field + Block [Field] + Strain + Strain \times Treat + Residuals$$

となる。ある作物の収量が表4-14であった場合、分散分析表は表4-15となる。先の例に比べて今回のデザインの方が第一主効果の検出力はさらに低下する（ランダム配置が甘いので当然だが）。従って、可能な限り一ほ場を第一単位にはしない方がよい。

表4-14 ほ場を第一主効果と想定した分割区法により得られたデータ

	土地改良A <sub>1</sub>			土地改良A <sub>1</sub>			土地改良A <sub>2</sub>			土地改良A <sub>2</sub>		
	品種 B <sub>1</sub>	品種 B <sub>2</sub>	品種 B <sub>3</sub>	品種 B <sub>1</sub>	品種 B <sub>2</sub>	品種 B <sub>3</sub>	品種 B <sub>1</sub>	品種 B <sub>2</sub>	品種 B <sub>3</sub>	品種 B <sub>1</sub>	品種 B <sub>2</sub>	品種 B <sub>3</sub>
ブロック 1	82	97	56	81	85	88	63	48	57	56	55	52
ブロック 2	67	69	76	77	78	95	56	39	64	49	61	48
ブロック 3	59	87	48	79	81	67	59	48	45	51	54	47
ブロック 4	77	85	86	89	83	79	58	59	51	42	50	44
ブロック 5	82	66	90	95	74	85	53	61	58	38	48	51

図4-7のような試験設計はお勧めではないことは明らかだが、現実にはこのようにせざるを得ない場合も多いであろう。さらに、土地改良に多額の資金が必要である場合、どんなに頑張っても一ほ場しか処理区を用意できないかもしれない。そのような場合でも、表4-15のような分散分析表は作ることができる。ただし、その場合の結果の解釈は問題が多い。なぜなら、例え無処理区を多数用意してかつ第一主効果に有意差があったとしても、“そのほ場は他に比べて高かった”と言うこと以上を担保しないからである。例えば、大規模工業炉について同様の試験を行った場合には、その炉で実際に生産を行うので問題はないかもしれない。一方、ほ場試験を行なう目的は、実験ほ場そのものの判定ではなく、そこに投入された技術の判定なので、場所固有の結果なのか、それとも実際に投入した技術の結果なのかを分離できないことは不本意であろう。従って、このような大規模試験の際には、できる限り他地域と連携する等して場所の効果をどうすれば除去できるかがポイントとなる。

表4-15 ほ場を第一主効果と想定した分割区法による分散分析表

要因	<i>d.f.</i>	MS	<i>F</i> 値	<i>p</i> 値
土地改良	1	10613.40	37.002	0.0260
第一残差	2	286.833		
ブロック [ほ場]	16	69.033	0.711	0.7649
品種	2	21.516	0.222	0.8024
品種 x 土地改良	2	10.850	0.112	0.8946
第二残差	36	98.128		

## 4-8) のまとめ1

分割区法の前提	意味するもの
ほ場内の区画間では影響がないこと	ほ場区画間では独立性が保証
実験したい複数要因の中でランダム配置が容易なものとそうでないものが混在	ランダム化しにくいものが第一主効果、しやすいものが第二主効果
	代償として第一主効果の検出力は低くなる



#### 4-8) のまとめ2

分割区法の配置順	選択される第一残差
ブロック内に第一主効果を配置可能 ほ場そのものが第一主効果	ブロックと第一主効果の交互作用項 ほ場間差

(光永 貴之)

## 5. 現地実証試験の進め方と留意点

### 1) 現地実証試験において対象とする農業技術

農業技術は、農業生産行為を合目的に実現するために必要な農業生産諸手段や作業のやり方等を結合する機能を持ったものと定義できるが、この「技術」は、純粹技術、合理技術、実践技術の3つの類型に区分される。このうち、純粹技術は、手段と犠牲を直接の問題としない可能性の創出という意味での技術をいい、合理技術は、産出された成果に対する費用の節減の程度によってその妥当性が評価される技術である。そして、実践技術は、経営における経済的考慮によって裏付けが行われ、経営に採用され実践されている技術であり、経済的にも合理性を持ち、その経営者の経営目標の達成に貢献し得るものを言う。現地実証試験は、実際の農業経営の中に新たな技術を持ち込むという方式であることから、そこで実証される技術は「実践技術」とすることが基本となる。

また、技術の種類として、個々の作業ごとの技術を示す『個別技術（部分技術）』の他、生産過程における一局面である部分技術（作業）が組織的かつ主体的に統一されたものを意味する『技術体系』という用語がある。そして、耕種部門等における複数の作目の組み合わせからなるものを部門別技術体系、また、いくつかの部門が総合化されたものが『営農技術体系』（総合技術体系、作目や地目を組織化し、各種の資源を運営・管理する経営技術も含む体系）と呼ばれている。

現地実証試験においては、主には実践技術として技術体系を実証するのであり、特に、それらは、水田輪作体系など部門別技術体系として、あるいは、稲麦大豆を基幹とする雇用型大規模水田作経営というように一つの営農技術体系として位置づけて技術開発を実施していく必要がある。この場合には純粹技術や合理技術に該当する技術や、部分技術を営農現場に適用するのではなく、実践技術である部門別技術体系、あるいは、総合技術体系として整理ができる技術を現地において実証していくよう心がけていくことが望まれる。

### 2) 候補地の選定

実証試験候補地の選定は、都道府県、JAなどに依頼する場合、旧知の生産者に依頼する場合、出前技術指導として申し込んできた生産者に依頼する場合が考えられる。いずれの方法でも、できるだけ都道府県、JAとの協力関係を構築して実施する。

都道府県に実証試験地の候補を依頼する場合には、都道府県の方針などに合致しているか、都道府県の開発した技術とのバッティングがないかチェックの上、相談する。逆に、都道府県からの依頼で実施する場合には、公式に要請を上げてもらう。

過去に実証試験等を実施した旧知の生産者に新たな技術の実証試験を依頼する場合には、生産者に連絡を取ると同時に都道府県の行政機関や試験研究機関、普及センター、JAにも連絡をする。

出前技術指導の場合には、生産者からの申し込みでなく、普及センター等を通して申し込みをしてもらうことが望ましい。

### 3) 現地実証を依頼する農業経営者の選定

現地実証においては、どのような農業者に試験への協力をお願いするかによって、試験の進め方は大きく影響を受ける。この点で、現地実証をお願いする農業者として適している者は、以下の条件を満たす人である。

(1) 経営内容や経営戦略が実証しようとする技術の内容と整合しており、開発技術の成果が実証経営の経営改善に結びつくことが明確に期待できる。

(2) 実証試験においては失敗等のリスクをどうしても伴うが、対象経営の規模が大きく、それらリスクの影響を経営として吸収できる。

(3) 地域の指導機関（普及センター、公立試験場、JA等）との関係が良好である。

(4) 会計データ（決算書、青色申告書など）を得るための簿記記帳を行っている。また、作業記録や生産記録を整備している。この点で、できれば法人経営が望ましい。

(5) 生産面で技術力のある者で、同時に、経営管理能力のある者が望ましい。

(6) 個人経営など経営の意思決定権者が明確な組織が望ましい。

(7) 経営者の性格として、新しいことに先駆的に取り組み、リスクを負うことを躊躇しない「先駆者」、あるいは、新技術の「早期採用者」(earlyadopter)が望ましい。状況が確定してから取り組みに参入する「後期追随者」は適当ではない。

このように、試験場からの提案に対して、頼まれたから行うというのではなく、自らの経営判断（経営意思決定）として現地実証試験を行うという行動をとれる者が望まれる。

### 4) ほ場の選定

実証する技術の特徴が出せるほ場を選定する。ほ場の面積、土性、排水性、排水路の状況、その他障害となるものがないか現地で確認する。可能であれば、土壌をサンプリングして土壌の特性をチェックする。

機械を導入する際には、積み下ろし可能な場所、搬入経路、トラクタの走行経路なども確認する。

導入する生産者の装備を確認する。導入技術が播種機などのアタッチメントの場合、装着するトラクタのメーカー、馬力、機種、接続のための部品が必要か等に付いて確認する。さらに、付随する作業のための機械装備についても確認する。

なお、実践技術として開発した技術体系を評価する場合には、その技術体系を経営の中に取り入れてもらうことがねらいであり、場内ではなく、農家のほ場を借りて、そこで試験をするのが実証試験であるというように誤解しないようにする必要がある。あくまでも、経営をイメージした試験としていくことが求められる。

### 5) 事前検討

実証試験に関係する者全員が事前に集まって、作業、調査等の分担を検討する。その際には、全作業工程についてどのように実施するのか、発生の可能性がある問題点と対策も含めて検討する。その上で所属組織の長の了承の基に準備を進める。サポート部門に情報を提供し、サポート

を依頼する。

生産者との折衝、連絡については、主担当、副担当を決めてできるだけ2名以上の者で対応する。主担当、副担当以外の研究者が個別の調査を行う場合でも、生産者との折衝、連絡は、主担当、副担当を通して行い、チーム内で情報を共有する。

技術の概要、メリット、デメリット、注意点など、特に、どのような条件でその技術の効果が発揮できるのかを明記したパンフレットを作成しておくことと便利である。生産者、普及センター、JA などへの説明にも利用できる。また、周辺の農家に技術の紹介をする際にも活用できる。

## 6) 技術の説明

技術内容を生産者に説明し、導入技術のメリット、デメリットについて納得してもらう。その際に、生産者の経営方針などを聞き、導入する技術の効果と合致しているかどうかを確認する(※1)。

生産者に導入技術について説明する際、普及センター、JA などに同席してもらうと良い。なお、生産者によってはJA との関係が無い場合もあるので、生産者に確認する。さらに、市町村、土地改良区、地主などへの説明が必要な場合もあるので、生産者、普及センター、JA に対し、誰に説明が必要かを確認して、必要な説明を行う。

## 7) 契約(約束)

生産者に対してどのような契約(約束)で実施するかを明確にする。その際、以下の点についても文章化して、確認する。確認する際には第3者の普及センター、JA などに立ち会ってもらうことが望ましい。

(1) 基本は、生産者自らの責任で、試験場の協力を得ながら、新しい技術の実証を試みるという体制をとれるのが望ましい。したがって、リスクや費用の発生は了解の上で試験に参加してもらう。試験場に協力するためにやむをえず実施というスタイルにならないほうが良い。

(2) 生産者に支払う費用。どのような形で支払うことができるか事前に管理部門と相談した上で、生産者と相談する。下記の項目とも関連して、支払うことができる方法にも違いがある。

(3) 作業の分担。導入する技術、及び導入技術以外の作業をだれが実施するかを明確にする。導入技術により作業体系が変わる場合には、必要な農業機械も変わることがある。例えば、新たに水稲乾田直播栽培を導入する場合には、雑草管理が移植栽培とは全く異なる。このような場合には、必要な農業機械の準備も含めて、誰が担当するかを明確にしておく(※2)。特に、導入する技術の評価のために全刈り収量を測定する場合には、収穫作業をどのような方法で、誰の収穫機で、誰が作業を実施するかなども明らかにしておく。

(4) 資材の分担。技術を導入したためにかかる資材もあるので、その点については、特にはっきりしておく必要がある。

(5) 収穫物の帰属。

(6) 収集するデータ。とくに、生産者に収集してもらうデータについては、その収集法もあわせて確認する。

(7) 実証経営には、会計記録の整備、作業日誌の記帳、生産履歴(栽培記録)等の記帳を依頼する。

## 8) 実証試験の実施時の注意点

作業前に、生産者と実施方法を十分に打ち合わせる。特に、天候の影響を受ける作業の場合には、悪天候の時の対応についても、事前に十分に検討しておく。実証技術を実施する当日に周辺の農家等を集めて技術を紹介する研修会等を実施する場合があるが、あらかじめチーム内での役割分担を決めておく。その際に、研修会等の対応者と試験の担当者を分けておくことが望ましい(※3, 4)。

## 9) 途中で問題が生じた場合の対応

実証する技術により減収の可能性が生じた場合には、できるだけ速やかに対応する必要がある。減収を取り戻す技術があるか、所属組織の関係者と相談する。問題の専門家に意見を聞くことも重要である。その上で、生産者、普及センター、JA等の関係者と相談し、対応する(※5)。

実証する技術が原因でない障害が発生した場合にも対応を検討する。例えば、病虫害、雑草害などが発生した場合、専門家の意見を聞き、できるだけ早く対応を検討する。

## 10) 報告

一定の成果が確認された段階、収量が出た段階、年度末など、節目で生産者、普及センター、JAなどに対して結果を報告する。その際には、生産者の技術に対する評価も確認する。データを持って現地で報告することで、技術のメリット、デメリットを確認してもらえ。複数年、実証試験を実施する場合には、結果により実証内容を変更することも検討する。

実証試験の終了時には、それまで得られた成果をとりまとめて報告する。出来れば、生産者、普及センター、JAなどの他、協力者、周辺の農家を対象に報告会を実施する。成績書などが出た場合には送付し、実施した実証試験で成果が出たことを報告する。

## 11) 失敗事例

### ※1) 目的の不一致

不耕起播種機の実証試験において、こちらは省力・低コストの効果を評価してもらいたかったが、生産者は有機栽培で、刈り倒したカバークロープの上から目的とする作物を播種するために不耕起播種機を利用しようとしており、目的が合致せずに十分な効果が得られなかった。

### ※2) 機械装備

水稲の乾田直播において、技術を導入しようとする生産者にブームスプレーヤーが無く、適期に除草剤散布ができないことが分かったため、作業直前に中止した。

### ※3) 実証試験実施日の研修会

不耕起播種機での水稲直播において、同日に見学者があつたが、見学に対する説明者と、機械の設定をする者が同一だったため、見学者への説明に気をとられ、施肥位置を確認せずに作業を実施、播種溝に施肥するはずが側条に施肥をしてしまい、試験を失敗した。

### ※4) 実証ほ場での作業の実施

実証ほ場で作業をした日が風の強い日であり、それにより土埃が大量に近隣の家庭に入り込んでご迷惑をかけた。農業者だけでなく、近隣の住民への配慮も忘れないようにする必要がある。

### ※5) 農家特有の対応

乾田直播における除草剤散布について、技術対応としてはある程度雑草が発生してから非選択

性の除草剤などで枯らせばいいという判断であったが、実証経営の経営者は、地権者に対してほ場に雑草が生えているのを見せたくないということで気にされた。農業者の方は、技術的な事項とは別の地権者への配慮や、外観の維持なども考慮するので、これらの点への配慮も必要である。

(渡邊 好昭・大下 泰生・関 正裕・梅本 雅)

## 6. 場内試験及び現地 実証試験の実例

### 1) 場内ほ場における試験設計とデータ解析の実態

#### a) 現地実証試験と場内試験

場内試験と現地実証試験は相互補完の関係にある。場内試験で示された技術の効果を現地で実証する、あるいは現地で示唆された、ある要因による変動を場内試験により検証する、という場合がある。現地実証試験に先行して実施した場内試験の結果が論文としてとりまとめられていれば、現地実証試験の結果も論文としてまとめやすい。場内試験の現地実証、あるいは現地実証の場内試験検証のいずれにしる、検証すべき仮説を試験前に明確化しておくことが重要である。作業仮説は優良な技術の実証だけには限らない。処理により期待される結果の変動幅とそれが生じる確率を定量化する、ことも十分な仮説である。場内試験の結果がネガティブデータであっても、その公表は重要である。現地実証に移す価値の無い効果であることがわかって、論文とすることで、後進が同じ轍を踏むことのないよう、無駄な試験が回避される。

#### b) 場内試験の前に－雑草防除試験の例－

ここでは麦作の難防除雑草カラスムギの防除対策に関する場内試験例で説明する。カラスムギは麦類と同じイネ科雑草で、冬生一年生の生活史を有し、麦類と同時期に出芽し、初夏に出穂、開花、結実する。そのために競合し、雑草害による減収、収穫子実への種子の混入（主にオオムギ）、収穫放棄や次作の作付け断念などの被害をもたらしている。種子は夏期湛水条件では種子が短期間（木田・浅井 2006<sup>9)</sup>）で死滅するため、二毛作ほ場では蔓延せず、畑ほ場あるいは固定転作ほ場で問題となる（浅井・與語 2005<sup>3)</sup>）。

事前の現地聞き取りやアンケート調査等で、カラスムギ多発ほ場では麦類の遅播きが行われていることがわかった（浅井・與語 2005<sup>3)</sup>）。また事前の海外の文献調査（浅井 1999<sup>1)</sup>）およびポット試験（浅井・與語 2004<sup>2)</sup>）から、当時の日本でムギ類に登録されている除草剤の有効成分ではトリフルラリンが最もカラスムギに対する防除効果が高いことがわかった。現場への技術として提示するには、ほ場試験による効果の定量化が求められる。場内試験の仮説は、遅播とトリフルラリン剤の処理、単独と組み合わせのカラスムギ防除効果の定量化、である。

ほ場試験はコストがかかり、面積も有限であり、ふつうは潤沢に使える環境はない。したがって、試験区面積、要因と水準、反復数など、設計は十分に検討する必要がある。例示したカラスムギ防除試験の場合、事前のコンクリートポット実験により、供試除草剤を絞りに込んでいる。ワグネルポットやコンクリートポットでは通常、処理による差は検出できても、その絶対値については疑いがある。根圏が狭いため、土壌処理型除草剤や施肥の効果が過大に発現したり、栽培作物と雑草の生育サイズや競合関係がほ場とは異なる。ほ場試験で行う意味は、作物が健全に生育する条件で試験を行い、処理の影響がどの程度あらわれるか、を定量化するためである。

### c) ほ場試験の準備と設計

試験は実験計画法にもとづいて設計する。実験計画法についてはさまざまな成書が刊行されているのでそれを参考にされたい。近年はフリーの統計パッケージの用例を紹介する論説もある(水口 2011<sup>10)</sup>、大東 2011<sup>11)</sup>)。設計時に仮想データを入力し、目的の検定ができるか確認しておく。Excel のシートは野帳形式ではなく、試験開始時にすでに、実データを入力すれば直ちに統計処理ができる行列形式のシートを作成しておく。データを取ってからではなく、取る前に作成しておくのが肝心である。

試験ほ場は均一性を確保するよう試験前年からの管理が必要である。試験ほ場内での環境勾配(高低差や防風林による日射量、気温など)が存在する場合には、ブロック化し、ブロック間の変動と処理による変動を分別できる設計、配置とする。

栽培の条件はできるだけ現地と同じ条件にするのが望ましい。現地ではムギ類収穫後にほ場は耕起され、その際に自然脱粒した雑草種子も埋め込まれ、種子は土中で越冬する。例示したカラスムギ防除の試験ではこれをほ場試験で再現するために、試験前年から播き込み用の雑草の採種栽培を行い、採種・計量した雑草種子を夏季に試験ほ場の耕土全層に混和している(一連の試験ではカラスムギの播種量を200粒/m<sup>2</sup>とし、通常播種期の収穫時カラスムギ残草密度はおおよそ20~40個体/m<sup>2</sup>を確保している)。夏季の種子の保存条件が冬生一年生雑草の種子休眠性に影響することがわかっており、室温風乾した種子を秋季に播種すると、現地よりも出芽パターンが斉一化する懸念があり、その場合、除草剤の効果が過大評価となってしまうためである。

年次間反復は必須である。3ヶ年継続できれば、うち1年で特殊な気象条件に遭っても1/3なら例外的と結論づけることもできる。一部の処理を継続する意味が乏しくなった、あるいはより詳細に検討したい処理が増える、新たに得られた知見を既往の設計に組み込んで早急に検証したいなど、複数年の試験期間中に設計の途中変更は付き物である。しかし、試験年間を通じて年次間差異を比較できる処理を、対照区を含めて少なくとも2区は残す。

### d) 実際の設計の例

カラスムギの防除試験は4ヶ年実施し、前半2年(浅井ら 2010<sup>6)</sup>)と後半2年(浅井・與語 2010<sup>5)</sup>)でねらいと設計を変更した。前半2年は播種時期と除草処理の2要因、播種時期は2水準(11月上旬、12月上旬)、除草処理は5水準(トリフルラリン処理濃度3段階、無除草、完全除草)の乱塊法とした。ほ場の長辺方向西側に立地する防風林による日陰の影響が懸念されたため、東西に4ブロック化し、日照時間の影響を分割可能な設計とした。後半の試験では、播種時期を11月上旬~12月上旬の4段階設定し、あわせて播種量増による減収回避の可能性を検討するという設計とした。図6-1)-1は後半2年の1年目(2000年播種)試験の配置図である。播種作業は播種機で行う都合上、無作為化は不可能であり、東西(試験ほ場の長辺)方向に播種時期の処理区を配置した。播種時期4水準、除草処理3水準とし、播種時期が10日遅くなるごとに播種量を10%増加させる設計とした。試験区面積の制約のため、播種時期と播種量の効果の分離ができない設計となっている。

通常の雑草防除試験と同様に、作物収穫時の残草個体数と合わせ、穂数、小穂数を計数した。小穂数からおおよその種子生産数が推定できるため、初期の種子量に対する増減が比較できる。



↑防風林

←南 北→

各種調査位置  
 ★：土壌サンプリング  
 ☆：地温センサー  
 ○：雑草出芽調査（処理1）  
 □：雑草出芽調査（処理2）

除草処理  
 1：完全除草区  
 2：トリフルラリン処理区  
 3：無除草区

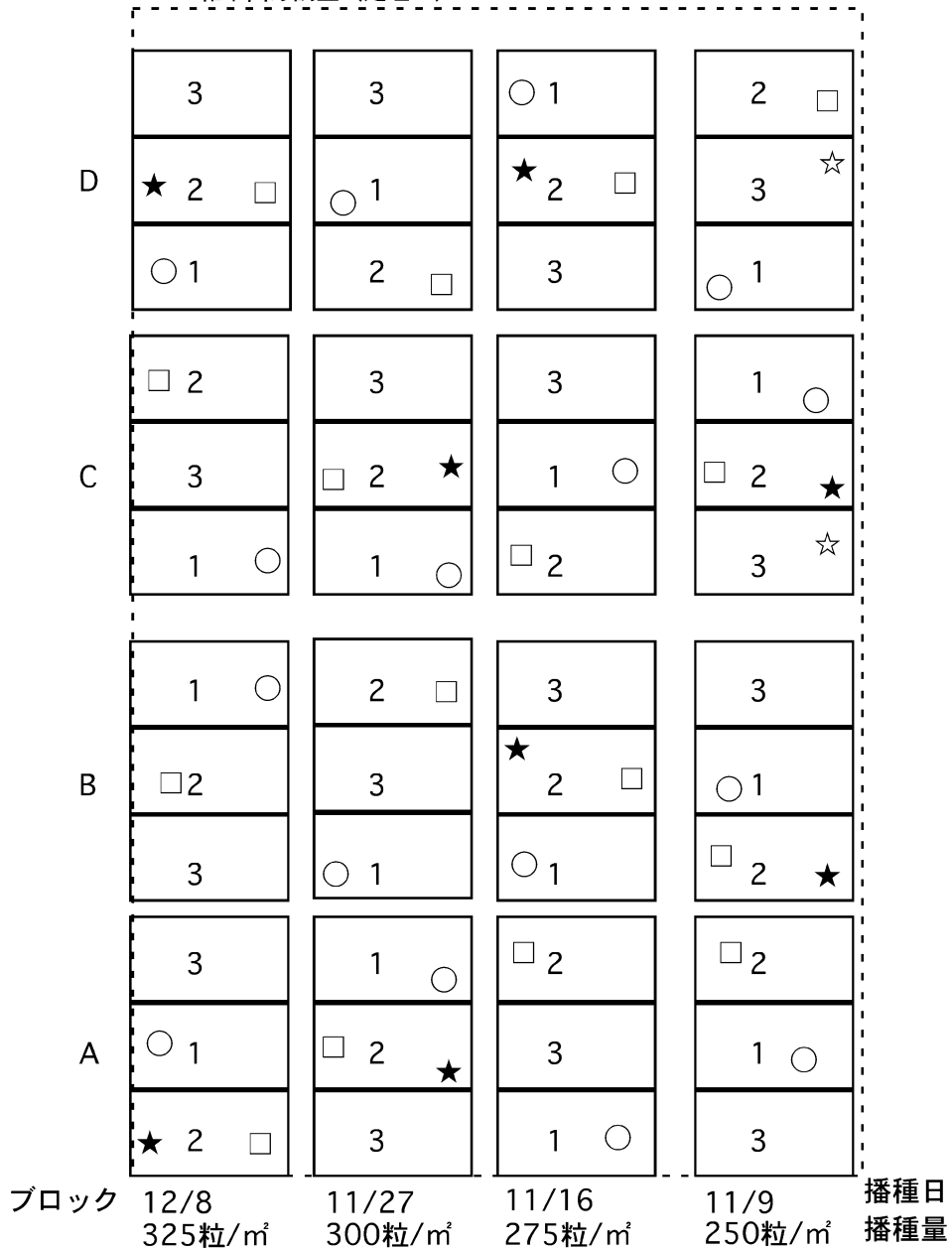


図6-1)-1 ほ場試験の区画配置の実例

播種時期（含む播種量）と除草処理の2要因，播種時期は4水準，除草処理は3水準の乱塊法の設計である。

## e) ほ場試験の結果と解釈

前半の試験により、コムギの11月上旬播種でのトリフルラリンの登録最大量処理による防除効果は収穫期の生残個体数比で30～70%，それに対し、12月上旬播種では4～12%であり、後者の効果が明らかに高いことが判明した。しかし、後者の播種時期ではコムギの減収も不可避である。表6-1)-1に各処理区のカラスムギ防除効果、コムギ生育量の平均値と逸脱度分析結果を示す。結果は2年間で安定しており、その設計を3ヶ年継続するより、より現地に近い処理を検討する必要があると判断し、前述のとおり設計を変更した。

後半の試験の結論は、12月上旬播種と11月下旬播種・トリフルラリン処理のカラスムギ防除効果がほぼ同等であった。前半2年の共通する区画のデータと合わせ、4ヶ年を通じた播種日とカラスムギ小穂数(=種子生産数)の回帰式で結果を表現した(図6-1)-2)。図の指数回帰曲線から、初期密度以下にカラスムギ種子生産数を減少させるには、11月下旬播種+トリフルラリン処理ないしは除草剤の処理如何に関わらず12月上旬以降の播種が必要であることが示される。一方、2ヶ年の場内ほ場の試験のみでは、他の栽培試験と同様、年次変動(冬季の気象)の影響が大きく、播種量増の効果は結論できなかった。4年間の試験結果から、既登録除草剤で最も効果が高い成分を処理しても、通常播種期ではカラスムギの密度が増加することが明らかとなった。

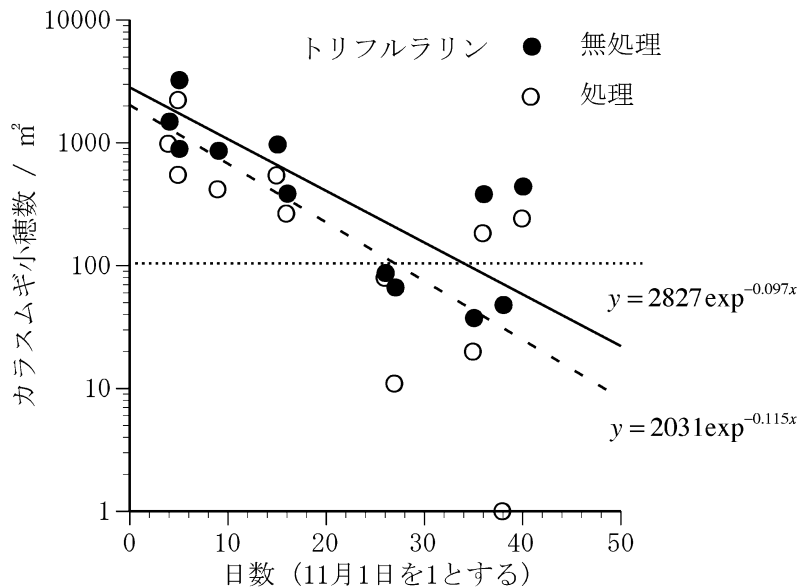


図6-1)-2 コムギ播種日とトリフルラリン処理(1.34kg/ha有効成分量)とコムギ収穫期のカラスムギ小穂数との関係

4年間(1998播種～2001年播種)の試験データをプールした。記号は各年次・各処理の平均値を示す。水平の点線は試験開始時のカラスムギ種子密度を示す。

場内ほ場試験は処理の効果を評価するために、均一な条件での試験を行う。現地試験では場内で制御した要因が不均一となることが多く、処理以外の要因によっても結果が変動する。したがって、場内試験で検出された処理効果は通常、現地に対しては過大評価となる。現地での様々な変動（誤差）に処理の効果が埋没してしまう場合も少なくない。ある技術や処理が、何割の確率（例えば5年に○回、100ほ場のうち○ほ場）で何%の差がでる、だけでも十分な結論であり、現地の意思決定に貢献する。

紹介したカラスムギ防除試験の例では、残念ながらこれと直結連動した現地実証試験は実施していない。現地で実際に実施されていることの追証という側面が大きいこと、雑草害の回避と生産性の向上が相反するため、積極的に推奨する技術ではないこと、現地では結果がさらに変動することが容易に予想されたためである。ほ場で効果が変動する要因として、土壌条件（現地に比べて場内の水はけが格段に良い）以外に、現地でのカラスムギ出芽密度、変動出芽パターンの再現性（種内変異含む）がある。現地の雑草多発ほ場の出芽密度は場内試験より高い（場内試験で200粒/m<sup>2</sup>以上の種子を試験開始前に均一に仕込むことは困難であった）。また、出芽パターンにはカラスムギ種内で変異があり、出芽時期の遅い変異は土壌処理除草剤の効果が劣る（浅井・與語 2010）ことも小規模試験で確認されている。

例示したカラスムギの防除では、その後、夏季の栽培体系がカラスムギの動態に大きく影響することが小規模試験によって示唆され（浅井・與語 2010<sup>7)</sup>）、それを場内ほ場試験で実際の作付体系を再現しての検証を試みた（浅井 2007<sup>4)</sup>）。その場合、不耕起や石灰窒素の処理、夏季の休耕期間の不耕起期間の長さ、その間の雑草管理法など、検討すべき要因が増え、試験の組み合わせの数が増大した。そのため、直交表を用い（大東 2011<sup>11)</sup>）、要因間の交互作用が存在しないと仮定して、表6-1)-2)に示すように水準数の異なる5要因を30区画に割り当てた試験を行った。

一連の場内試験では麦収穫後の夏季不耕起体系において、次作のカラスムギ密度が顕著に減少するという結果を得た。この主因は後に、エンマコオロギなど昆虫類による地表面の種子食であることが判明した。これは中央農研の観音台ほ場という、周囲が防風林や芝生に囲まれた環境における高い種子食率で成り立つ結果であり、畦畔面積率の低い一般の転作水田では期待できない条件である。栽培技術として普遍化はできない。しかし、農地景観と生物間相互作用との関係については一つの視点を提示する研究への展開を支えたと自負している。設計のきちんとした年次間反復のある場内試験を続けることで、それと現地試験とで矛盾する結果が生じた場合、場内と現地との条件の違いに対する検討が新たな研究仮説を生むという一例として紹介しておきたい。

表6-1)-1 播種日およびトリフルラリン処理がカラスムギ防除およびコムギの生育に及ぼす影響

年次	除草処理	カラスムギ				コムギ							
		kg/ha	個体数m <sup>2</sup>	%	穂数m <sup>2</sup>	kg/ha	穂数m <sup>2</sup>	%	子実重g・m <sup>2</sup>				
1998	慣行	無除草	25.0 ± 5.2	100 a	117.8 ± 35.6	100 a	745 ± 164	100 a	93.3 ± 4.8	100 a	485 ± 34	100 a	
	トリフルラリン	0.67	17.8 ± 2.8	71 ab	58.0 ± 13.3	49 ab	410 ± 119	55 ab	93.5 ± 4.8	100 a	516 ± 116	106 a	
		1.34	14.0 ± 7.1	56 ab	76.0 ± 46.1	65 ab	492 ± 224	66 ab	92.7 ± 3.4	99 a	487 ± 49	100 a	
		2.68	9.8 ± 4.6	39 b	38.3 ± 18.1	32 b	353 ± 204	47 b	92.8 ± 4.0	99 a	489 ± 90	101 a	
	手取除草		6.0 ± 6.7	24 b	25.8 ± 30.2	22 b	148 ± 149	20 b	92.7 ± 4.5	99 a	497 ± 68	102 a	
	選播	無除草		3.0 ± 2.6	100 a	29.0 ± 29.5	100 a	221 ± 213	100 a	82.2 ± 5.2	100 a	360 ± 39	100 a
	トリフルラリン	0.67	4.7 ± 3.2	156 a	19.3 ± 16.2	67 a	155 ± 130	70 a	79.4 ± 3.9	97 b	394 ± 61	110 a	
		1.34	1.3 ± 0.6	44 a	10.3 ± 7.5	36 a	121 ± 87	55 a	79.0 ± 4.4	96 b	373 ± 14	104 a	
		2.68	3.3 ± 2.3	111 a	22.7 ± 14.6	78 a	270 ± 165	122 a	77.7 ± 3.9	95 bc	358 ± 28	100 a	
	手取除草		0.0 ± 0.0	0 a	0.0 ± 0.0	0 a	0 ± 0	0 a	80.9 ± 4.3	98 ab	363 ± 72	101 a	
	1999	慣行	無除草	44.3 ± 13.2	100 a	192.0 ± 62.6	100 a	1623 ± 430	100 a	87.8 ± 5.8	100 a	410 ± 102	100 a
		トリフルラリン	0.67	35.3 ± 4.3	80 ab	164.3 ± 39.9	86 a	1510 ± 540	93 a	86.0 ± 4.9	98 a	434 ± 23	106 a
		1.34	20.5 ± 12.1	46 bc	110.0 ± 41.0	57 ab	1116 ± 386	69 a	86.8 ± 4.8	99 a	426 ± 56	104 a	
		2.68	12.3 ± 1.5	28 c	68.0 ± 28.2	35 b	831 ± 481	51 ab	86.5 ± 3.5	98 a	409 ± 64	100 a	
手取除草			7.5 ± 3.5	17 c	31.8 ± 19.4	17 b	191 ± 163	12 b	87.5 ± 4.7	100 a	465 ± 24	113 a	
選播		無除草		1.7 ± 1.2	100 a	11.7 ± 8.1	100 a	92 ± 67	100 a	75.3 ± 4.1	100 a	301 ± 26	100 a
トリフルラリン		1.34	1.3 ± 1.5	80 a	9.0 ± 11.5	77 a	164 ± 220	179 a	68.4 ± 4.7	91 c	257 ± 37	85 a	
手取除草			0.0 ± 0.0	0 a	0.0 ± 0.0	0 a	0 ± 0	0 a	77.4 ± 3.7	103 b	347 ± 56	115 a	
逸脱度分析		年次(Y)		***	4.0	***	5.1	***	11.7	***	16.9	***	14.1
		播種日(P)		***	56.2	***	48.9	***	42.9	***	67.7	***	42.8
		除草(W)		***	21.6	***	20.3	***	18.8	**	1.8	NS	3.2
		Y×P		NS	0.2	***	0.8	***	0.8	NS	0.0	NS	0.0
	Y×W		NS	0.3	***	1.2	***	1.0	**	1.6	NS	1.7	
	P×W		***	2.3	***	2.1	***	2.9	***	2.3	NS	0.3	
	ブロック		NS	0.5	**	1.1	***	2.0	**	4.4	NS	0.6	
	誤差			14.9		20.6		21.7		5.3		37.2	

値は平均値 ± 標準偏差、斜体字は無除草区に対する百分比  
 同一の年次、播種日内の平均値右のアルファベット間に有意な差は無い (p > 0.05, Tukey's HSD test)  
 \*\*\*、\*\*、\* はそれぞれ P 値 < 0.001, < 0.01 を示す。  
 1998年播種, 1999年播種試験の結果、浅井ら (2010) を改変

表6-1)-2 直交表により設計した5要因の試験区例

要因	夏期除草剤*1	石灰窒素施用*2	不耕起後の耕起	播種時期	播種後土壌処理剤
水準1	PD→PD	0 kg/10a	9月中旬耕起	11月上旬	無処理
水準2	PD→GI	60kg/10a	10月上旬耕起	11月中旬	トリフルラリン乳剤処理
水準3	GI→GI		11月上旬耕起	11月下旬	トリフルラリン乳剤処理+コムギ 2葉期クロロIPC処理
水準4			播種前浅耕		
水準5			不耕起播種*3		
区番号					
1	1	1	1	1	1
2	2	2	4	1	2
3	3	2	5	1	3
4	2	1	1	1	3
5	1	1	2	1	3
6	3	1	2	1	2
7	3	1	4	1	1
8	2	2	2	1	1
9	1	2	1	1	2
10	3	2	4	1	3
11	1	1	5	2	2
12	3	2	3	2	2
13	3	2	2	2	3
14	3	1	2	2	1
15	1	2	3	2	3
16	2	2	1	2	1
17	2	1	5	2	3
18	2	2	3	2	1
19	1	1	5	2	1
20	2	1	1	2	2
21	2	2	5	3	1
22	1	2	4	3	1
23	3	1	4	3	2
24	2	1	3	3	2
25	2	1	3	3	3
26	3	2	1	3	3
27	3	1	3	3	1
28	1	2	2	3	2
29	3	2	5	3	2
30	1	1	4	3	3

\*1：1回目8月下旬，2回目9月中旬処理，PD-プリグロックスL液剤，GI-グリホサートアンモニウム塩剤

\*2：大麦収穫後，除草剤処理後（7月上旬）に施用

\*3：不耕起播種は播種後にグリホサートアンモニウム塩剤処理

## 引用文献

- 1) 浅井元朗 (1999) 除草剤による麦作のカラスムギ防除－トリフルラリンを中心に－. 植調 33 (9) 346-352
- 2) 浅井元朗・與語靖洋 (2004) カラスムギに対する各種麦類用除草剤の効果. 雑草研究49 (4), 284-287
- 3) 浅井元朗・與語靖洋 (2005) 関東・東海地域の麦作ほ場におけるカラスムギ, ネズミムギの発生実態とその背景. 雑草研究50 (2), 73-81
- 4) 浅井元朗 (2007) 麦畑に侵入するカラスムギ: 出芽の不齐一性という生き残り戦略. 種生 物学会編「農業と雑草の生態学－侵入植物から遺伝子組換え作物まで」71-93
- 5) 浅井元朗・與語靖洋 (2010) コムギ播種時期・播種量とトリフルラリン剤処理がカラスムギ防除に及ぼす影響. 雑草研究 55 (3), 158-166
- 6) 浅井元朗・中村直紀・與語靖洋 (2010) コムギ作のカラスムギ防除に及ぼす遅播とトリフルラリン剤処理量の影響. 雑草研究 55 (1), 8-15
- 7) 浅井元朗・與語靖洋 (2010) 各種コムギ作付体系がカラスムギの動態に及ぼす影響: ポット試験による評価. 雑草研究 55 (2), 55-61
- 8) 浅井元朗・與語靖洋 (2010) 出芽時期の異なるカラスムギに対するトリフルラリン, クロプロファミン処理の効果. 雑草研究 55 (1), 1-7
- 9) 木田揚一・浅井元朗 (2006) 夏期湛水条件がカラスムギおよびネズミムギ種子の生存に及ぼす影響. 雑草研究51 (2), 87-90
- 10) 水口亜樹 (2011) 統計解析 (再?) 入門 実験計画の立て方と R を用いた分散分析－実験計画法に応じた分散分析の実行 雑草研究56 (1) : 24-34
- 11) 大東健太郎 (2011) 研究の流れの中での実験計画とデータ解析の位置づけ: より効率的な研究のために 雑草研究56 (1) : 5-42

(浅井 元朗)

## 2) 現地実証試験データの収集・解析の実態

### (1) 横芝光町における省力水田輪作体系に関する実証試験

地下水水位制御システム（以下「FOEAS」）を導入して基盤整備を行った地域において、稲・麦・大豆輪作体系による省力・高能率・多収化を実践し、従来の生産体系に比べて労働時間短縮と生産コストの削減効果を明らかにするための現地実証試験を行った。適地の選定や、実証栽培の実施、さらには経営調査を行って結果を解析した事例と経過を紹介する。

#### a) 現地実証試験地の選定

2011年に関東地域においてFOEASを導入した地域は、小規模な試験ほ場を除くと4箇所であり、候補地は限られた。このうち、大規模な基盤整備を行い、FOEASを導入した地域は横芝光町だけであり、ここを現地実証試験地に選定し、試験実施の交渉を行った。打ち合わせでは、新たな栽培技術の導入が可能か、作業日誌の記帳や経営内容調査に協力可能か、地域の普及指導機関・行政機関などの支援を受けられるか等を関係者で協議し、了解を得た後に現地研究会を組織し（表6-2）-(1)-1、2012年度より現地実証試験を開始した。

表6-2)-(1)-1 篠本新井地区現地研究会の組織内容

種別	組織名	担当者
研究機関	農研機構	生産体系研究領域・土壌肥料研究領域・ 作業技術研究領域 関東水田輪作担当（試験実施事務局）
	中央農業総合研究センター	
	農村工学研究所	
普及指導機関	千葉県山武農業事務所	改良普及課
行政機関	関東農政局	農村計画部資源課
	横芝光町	産業振興課（現地事務局）
生産者等	篠本新井土地改良区	アグリささと営農組合 新井営農組合
その他 （現地検討会・栽培 講習会等参加者）	千葉県農林水産部	
	近隣生産者および農業者団体	
	農器具販売会社、肥料販売会社、他	

#### b) 現地実証試験地の概要

横芝光町の北部に位置する篠本新井地区は、県営の基盤整備事業が進められ、総面積240haの区画整理工事が2015年の完成を目指して実施中である<sup>2)</sup>。従来10a区画だった狭小のほ場が50a程度の区画に拡大され、以前は3000筆以上もあった農地が、換地により500筆程度に集約された（図6-2）-(1)-1。さらに、基盤整備地区内に3つの集落営農法人が組織され、80ha規模の集落営農が開始された（図6-2）-(1)-2。基盤整備では地下水水位制御システム（FOEAS）を導入し、田畑輪換による水田輪作を容易にするとともに、新たに小麦や大豆、野菜を導入した。従来、この地域では水稲単作が主であり、転作作物の小麦や大豆作の経験が少なく、さらには急激に大型機械を導入して大規模営農を開始したことから、転作作物の栽培指導や大規模営農に適した栽培

技術のニーズがあり、試験研究機関の提供する省力・高能率・高生産化技術に大きな期待があった。

c) ブロックローテーションによる輪作体系

3法人の中でA営農組合が最も経営面積が広く、大型機械や乾燥調製施設の整備も進んでおり、小麦や大豆、野菜作の取り組みも先行していることから、現地実証試験はA営農組合を中心に行うこととした(表6-2)-(1)-2)。水田輪作体系を始めるに当たり、水稲と畑作物が混在すると、漏水や湿害の影響を受けやすいことから、水稲と畑作物を集中化して、転作を実施するブロックを変えていくブロックローテーションを導入することとした。A営農組合は基盤整備地区内のほ場を5ブロックに分けて、工事が完了後には5年7作体系で輪換する作付け体系を計画している(図6-2)-(1)-3)<sup>1)</sup>。

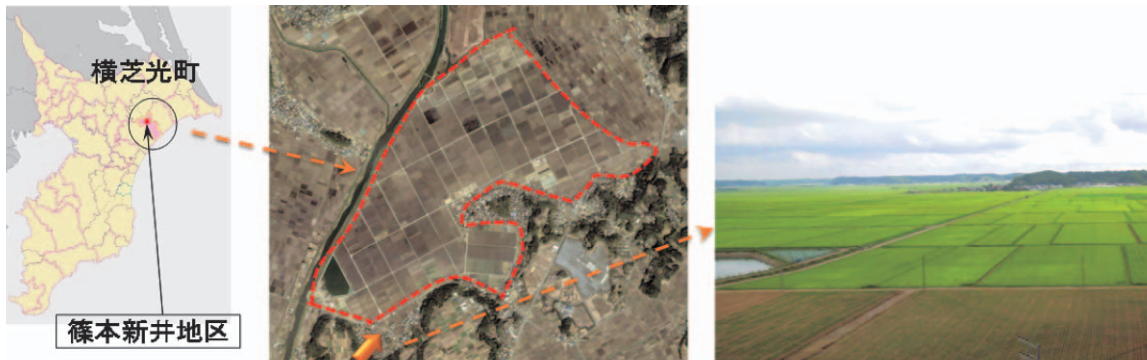


図6-2)-(1)-1 横芝光町篠本新井地区の位置と基盤整備後のほ場の様子 (“Let’s 農業” の図改変<sup>2)</sup>)

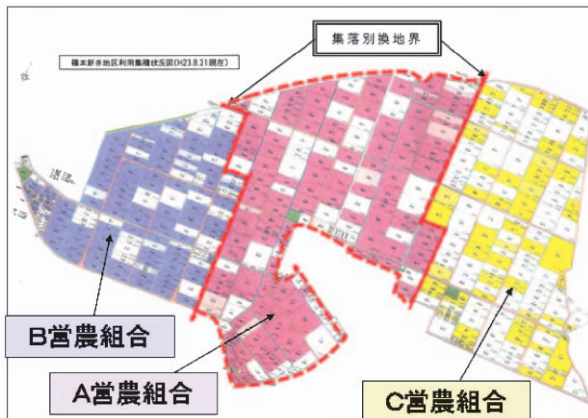


図6-2)-(1)-2 集落営農組織の位置 (鶴澤の図改変<sup>1)</sup>)

表6-2)-(1)-2 集落営農組織の概要

営農組合名	A営農組合
設立	2010年設立
組合員数	59人
経営面積	78ha
内基盤整備地区	72ha
2012年の主な生産物	水稲, 小麦, 大豆, 根深ネギ, 枝豆, ジャガイモ等
主な機械装備 (購入予定機械も含む)	トラクタ, 田植機, 自脱コンバイン, 汎用コンバイン, ロータリシーダ, 乗用管理機, ライスセンター, トラック, 均平機, あぜ塗り機, 籾殻暗渠機等





図6-2)-(1)-3 5年7作のブロックローテーションの例

表6-2)-(1)-3 実証試験

作物等	実証試験内容
水稲	水稲乾田直播 水稲湛水直播（鉄コーティング）
小麦	従来品種「農林61号」に代わる「さとのそら」の収量性，多収化のための施肥法
大豆	不耕起狭畦栽培，摘心処理
水管理	FOEASを効果的に活用するための水位制御方法，FOEASによる用水量の節水効果
経営評価	新たな栽培技術導入による作業時間や生産費，収益性等

d) 新たな栽培技術の取り組み概要

A営農組合で実証する主な栽培技術や経営評価項目は表6-2)-(1)-3のとおりである。

新たな栽培技術の実証試験を行うに当たり，おおむね以下の調査項目を設け，A営農組合には作業時間や投入資材，全刈り収量等の記録を依頼した。

- ①作物の生育収量：播種量・肥料・農薬等の資材使用量，収量（坪刈り，全刈り）等
- ②作業の種類と作業時間，使用機械，作業人員等
- ③経営コスト評価のための固定費，変動費，人件費等
- ④機械装備，資産，償却費等
- ⑤用水使用量，ほ場の水分・水位の記録
- ⑥営農ほ場全体の水管理，畦畔管理，除草，防除などの作業

現地実証試験を開始した2012年の水稲乾田直播，大豆，さらには2012年に播種して2013年に収穫した小麦の試験内容は以下のとおりである。

(a) 水稲乾田直播

早生品種の「ふさおとめ」を用いて，あらかじめ砕土・均平化したほ場に不耕起播種機を用いて播種する体系と，ロータリシーダにより砕土と同時に播種を行い，条間20cmの狭条間で栽培する体系，鉄コーティング種子を用いた湛水直播，対照の移植栽培とで玄米収量を比較した。

不耕起播種機による播種作業では作業速度が4.8km/hと早く，作業能率は16分/10aと高かった（図6-2)-(1)-4）。ロータリシーダによる播種作業では作業速度は2.5km/hで，作業能率は26分/10aであった（図6-2)-(1)-5）。

収量は，移植栽培の610kg/10aに対して，不耕起播種機による乾田直播では480kg/10aと21%減収した。ロータリシーダは狭条間による密植で穂数が多く，収量は548kg/10aと移植栽培に比べて10%の減収にとどまった（表6-2)-(1)-4～5）。「ふさおとめ」は早生で生育が早いものの，収量を確保しづらいことから，多収性品種の導入が必要と考えられた。



図6-2)-(1)-4 不耕起播種機による播種作業



図6-2)-(1)-5 ロータリシーダによる播種作業

表6-2)-(1)-4 水稻の苗立ちと生育 (2012年)

栽培法	ほ場	品種	播種期 (月/日)	苗立ち数 (本/m <sup>2</sup> )	苗立ち率 (%)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	倒伏指数 (0-5)	有効穂数 (本/m <sup>2</sup> )	ワラ重 (kg/10a)	籾重 (kg/10a)
乾直・NS	FOEAS	ふさおとめ	4月18日	127	49.1	7月30日	9月1日	64.0	18.8	0	422	612	628
乾直・RS	FOEAS	ふさおとめ	4月18日	185	70.1	8月1日	9月3日	69.8	17.4	0	446	662	727
湛直・鉄コート	慣行・代かき	コシヒカリ	4月25日	-	-	8月5日	9月3日	87.1	18.0	0	424	826	746
移植	慣行・代かき	コシヒカリ	4月28日	(14.9株/m <sup>2</sup> )		7月28日	9月4日	88.7	18.0	0	422	843	853

注：NS（不耕起播種機）は条間30cm×6条播種，RS（ロータリシーダ）は条間20cm×9条播種

表6-2)-(1)-5 水稻の収量および品質 (2012年)

栽培法	ほ場	品種	不稔割合 (%)	登熟歩合 (%)	総粒数 (千粒/m <sup>2</sup> )	1穂 粒数	精玄米重 (kg/10a) [比]	千粒重 (g)	タンパク (%)	整粒 (%)	青未熟粒 (%)	収穫 指数	N収量 (g/m <sup>2</sup> )
乾直・NS	FOEAS	ふさおとめ	4.0	89.1	22.0	52.3	480±16 [79]	23.8	6.5	90.9	2.3	0.44	8.9
乾直・RS	FOEAS	ふさおとめ	4.9	81.6	25.2	56.0	548±77 [90]	24.5	6.9	87.1	8.6	0.46	10.4
湛直・鉄コート	慣行・代かき	コシヒカリ	7.6	84.7	28.8	67.9	563±33 [92]	21.8	5.7	79.6	14.5	0.41	10.2
移植	慣行・代かき	コシヒカリ	3.7	84.1	33.2	78.7	610±12[100]	21.7	6.0	79.5	16.4	0.43	11.4

注：1) 精玄米重は粒厚1.8mm以上。 2) タンパクは近赤外線式測定機による白米タンパク質含有率。

(b) 大豆

前作の小麦収穫後に耕起することなく播種し、条間30cmの狭畦で栽培し、中耕培土も行わない不耕起狭畦栽培と、耕起・碎土を行い、60cm条間で播種し、中耕培土を行う慣行栽培とで収量を比較した。不耕起狭畦栽培では、除草剤を有効に使用することでおおむね雑草を処理でき、耕起・碎土・中耕作業を省略したことで、作業時間は大幅に短縮された。また、平畦であることから、コンバイン収穫時の刈り残しや汚粒を低減させることができた (図6-2)-(1)-6~7)。

収量は、不耕起狭畦栽培で個体数が少なかったものの、乾物重など生育量が優り、収量は高い傾向にあった。摘心処理は、慣行栽培では収量が減少する傾向にあったが、不耕起狭畦栽培では

同等の収量であった。また、不耕起狭畦栽培で倒伏が軽減され、コンバイン収穫時の作業が容易で、損失の軽減に有効と考えられた（表6-2)-(1)-6）。



図6-2)-(1)-6 大豆の不耕起狭畦栽培



図6-2)-(1)-7 中耕培土を行った大豆の慣行栽培

表6-2)-(1)-6 大豆の生育および収量

栽培法	摘心の有無	個体数 (本/m <sup>2</sup> )	地上部乾物重 (g/m <sup>2</sup> )	主茎長 (cm)	倒伏程度 (0~5)	子実収量 (kg/10a) [比]	百粒重 (g)	粒数 (/m <sup>2</sup> )	莢数 (/m <sup>2</sup> )	節数 (/m <sup>2</sup> )
不耕起狭畦	有	16.5	641	43.3	2.7	356±13 [119]	27.2	1315	873	710
	無	17.5	640	84.9	3.8	353±21 [118]	29.0	1215	787	651
慣行 (耕起培土)	有	19.3	592	52.3	3.3	265±7 [89]	26.4	1004	612	510
	無	20.2	507	94.7	3.8	299±29 [100]	27.7	1078	719	601

注：1) 品種は「フクユタカ」、 2) 播種期：2012年7月12日、 3) 摘心：8月21日、 4) 成熟期11月13日、 5) 地上部乾物重・主茎長は粒肥大初期

### (c) 小麦

従来品種の「農林61号」と新品種の「さとのそら」を用いて、茎立期および出穂期の追肥の窒素量を変えて子実収量および子実タンパク質含有率を比較した。両品種とも、茎立期追肥は収量の増加に有効であり、出穂期追肥は収量と子実タンパク質含有率の増加に寄与した。同じ施肥量であれば「さとのそら」は「農林61号」に比べて収量は平均で14%高く、品種の置き換えによる収量の向上が期待できた（図6-2)-(1)-8）。ただし、登熟期間の少雨と気温の高い傾向から短期間に成熟し、収量および子実タンパク質含有率とも低い水準であった。「さとのそら」で500kg/10a程度の収量と適正な子実タンパク質含有率を得るためには、茎立期に4kg/10a、出穂期に2～4kg/10aの窒素追肥が必要と考えられた。

### e) 作業時間および生産コストの評価

新たな作業体系や栽培技術を導入することによる労働時間の短縮や生産コストの削減、収量増加がもたらす経済性などについて評価するために、作物の収量、タイムスタディや作業日誌により得られる労働時間、投入した種子や資材などの変動費、機械費や各種料金などの固定費を求め、慣行体系と対比した。比較に用いる慣行体系は、新技術導入前の試験地の栽培法を用いるのが一

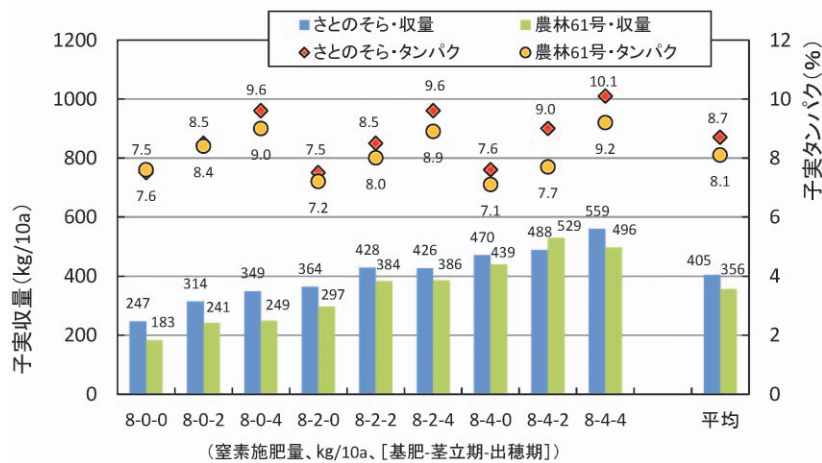


図6-2)-(1)-8 小麦「さとのそら」および「農林61号」の子実収量と子実タンパク質含有率

般的であるが、篠本新井地区は従来水稲単作で、小麦や大豆の栽培が行われていなかったこと、全地域が基盤整備で一新され、従来の栽培法が存在しないことから、統計情報による地域の平均値を用いることにした。具体的には、農林水産省統計部の2008年関東地域の5 ha以上層の統計値を用いた（表6-2)-(1)-7～8）。

篠本新井地区の現地実証試験の特徴は以下のとおりである。

- ①不耕起播種機を用いた作業体系は、耕起から播種までの作業に要する時間が大幅に短縮され、水稲、小麦および大豆の10a当たりの作業時間は、慣行体系に比べて、それぞれ50, 79, 69%であり、特に水稲における乾田直播の時間短縮の効果が大きかった（表6-2)-(1)-7）。
- ②水稲、小麦および大豆の60kg当たり生産費は、慣行体系に比べて、それぞれ80, 67, 53%であり、大豆では慣行の半分近くまで生産コストが削減された。大豆は、不耕起狭畦栽培による作業時間短縮で労働費が節減されたこと、無肥料栽培で肥料費が節減されたこと、さらには、収量が高いことが60kg当たり生産費の削減に大きく貢献した。一方、水稲は、乾田直播栽培による労働時間短縮で労働費が大きく節減され、10a当たり費用合計は28%削減されたものの、慣行に比べて収量が低いことから、60kg当たり生産費は20%の削減にとどまった（表6-2)-(1)-8）。
- ③A営農組合が実践する5年7作の輪作体系を通しての労働時間は、慣行に対して57%であり、43%削減された（図6-2)-(1)-9）。水稲の乾田直播や大豆の不耕起播種など、耕起・整地に要する作業の省略や削減が有効であった。60kg当たり生産費は、慣行に対して67%であり、33%削減にとどまった（図6-2)-(1)-10）。一層の生産コスト削減を行うためには、収量の向上が重要である。肥料を多用しても投入量以上に高い収量の得られるような、費用対効果の大きい技術開発が求められる。

表6-2)-(1)-7 現地実証試験における水稲・小麦・大豆の労働時間

作業項目	水稲		作業項目	小麦		大豆	
	(移植)	(不耕起 乾田直播)		(ロータリ シーダ)	(慣行畝立て)	(不耕起密植)	
	慣行(関東 5 ha以上層 2008年)	横芝光現地 (2012年)		慣行(関東 5 ha以上層 2008年)	横芝光現地 (2012~ 2013年)	慣行(都府県 5 ha以上層 2008年)	横芝光現地 (2012年)
種子予措	0.28	0.30	種子予措	0.11	0.00	0.00	0.00
育苗	2.33	0.00	耕起整地	0.91	1.40	0.81	1.10
耕起整地	2.82	1.10	基肥	0.63	0.00	0.25	0.00
基肥	0.59	0.00	播種	0.73	0.30	0.52	0.30
直まき	0.02	0.30	追肥	0.21	0.60	0.00	0.00
田植	2.22	0.00	中耕除草	0.70	0.00	0.03	0.00
追肥	0.36	0.00	鎮圧	0.49	0.24	1.69	0.00
除草	0.97	0.90	管理	0.43	0.50	1.30	1.40
管理	3.71	3.50	防除	0.09	0.60	0.27	0.60
防除	0.47	0.30	刈取脱穀	1.36	0.60	0.98	0.70
刈取脱穀	2.73	1.20	乾燥	0.56	0.50	0.35	0.00
乾燥	1.29	1.10	生産管理	0.14	0.26	0.14	0.30
生産管理	0.14	0.20					
労働時間	17.93	8.90	労働時間	6.36	5.00	6.34	4.40
[比率]	[100]	[50]	労働時間	[100]	[79]	[100]	[69]

(労働時間の単位：時間/10 a)

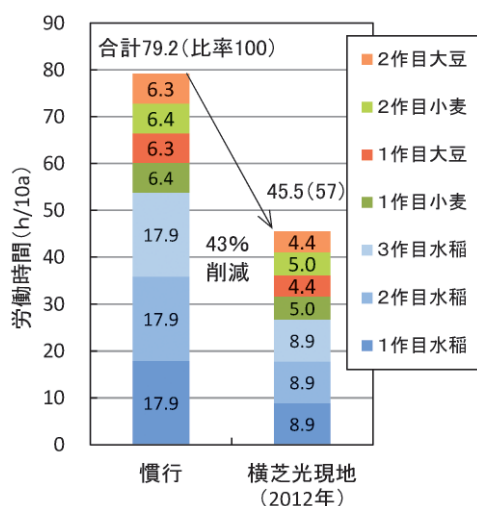


図6-2)-(1)-9 10a 当たり労働時間の比較

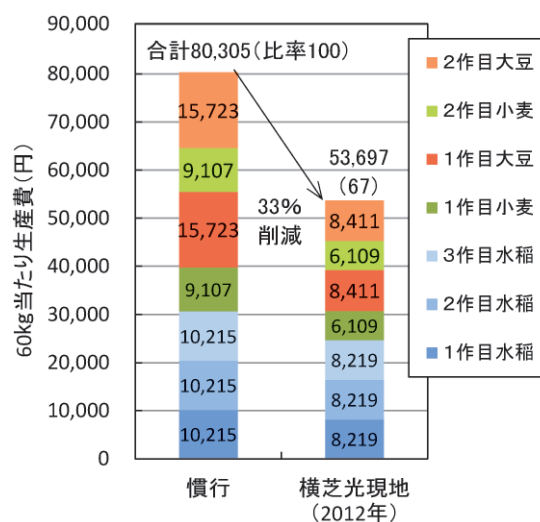


図6-2)-(1)-10 60kg 当たり生産費の比較

表6-2)-(1)-8 現地実証試験における水稲・小麦・大豆の生産費

作物	水稲		小麦		大豆	
	(移植)	(乾田直播・ふさ おとめ全刈り)	(さとのそら 全刈り)	(慣行畝立て)	(不耕起密植 全刈り)	
	慣行(関東 5 ha以上層 2008年)	横芝光現地 (2012年)	慣行(関東 5 ha以上層 2008年)	横芝光現地 (2012~ 2013年)	慣行(都府県 5 ha以上層 2008年)	横芝光現地 (2012年)
種苗費 (¥/10 a)	2,680	3,745	2,694	3,938	2,298	2,609
肥料費	6,643	5,040	4,605	5,418	3,132	0
農薬剤費	5,288	6,420	1,769	761	3,825	4,887
光熱動力費	5,164	3,017	2,435	1,913	1,705	1,626
その他諸材料費	1,563	1,041	1	1,041	57	1,041
土地改良・水利費	3,596	2,217	248	834	992	770
賃借料・料金	3,843	1,470	4,221	1,470	6,415	1,470
物件税・公課諸負担	1,388	1,834	538	1,834	666	1,834
建物費	5,236	2,371	734	121	1,179	2,371
自動車費	2,094	293	1,031	293	1,090	293
農機具費	22,376	22,706	9,550	16,584	8,698	11,945
生産管理費	368	1,563	146	1,563	184	1,563
労働費	29,997	13,350	10,276	7,500	9,591	6,600
費用合計 (¥/10 a)	90,236	65,067	38,248	43,270	39,832	37,009
[比率]	[100]	[72]	[100]	[113]	[100]	[93]
収量 (kg/10 a)	530	475	252	425	152	264
[比率]	[100]	[90]	[100]	[169]	[100]	[174]
労働時間 (h/10 a)	17.9	8.9	6.4	5.0	6.3	4.4
60kg当たり生産費(¥)	10,215	8,219	9,107	6,109	15,723	8,411
[比率]	[100]	[80]	[100]	[67]	[100]	[53]

## f) 現地実証試験の円滑な遂行のために

試験場から遠隔地にある現地において実証試験を行うに当たり、“失敗しない現地試験”のための対応が重要である。篠本新井地区においては、①高い技術力のある実証農家あるいは生産組合の確保、②担当の農業事務所改良普及課との連携により、試験場だけではサポートできない作物の頻繁な生育状況確認や病害虫などの障害把握、③年2回のほ場視察会の開催や成績検討会、栽培講習会の実施などにより、現地実証試験の円滑な実施と問題等に対するサポート、さらには技術力の向上を行っている。また、④地域の農業機械販売会社や肥料販売会社、さらには近隣生産者などへも情報を発信し、より広範な技術紹介や新たなユーザーの確保を図っている。

## g) 営農者の評価

FOEASを用いた全面的な基盤整備と大規模集落営農への転換、従来の水稲単作から小麦や大豆を組み込んだ輪作体系の導入など、大幅な技術体系と営農形態の変革を行った営農者からは、①FOEASによる基盤整備で水稲作の湛水と、小麦・大豆作の排水の切り替えが容易になった。畑作時に泥ることがほとんどなく、大型機械の利用が可能になり、効率的で省力的な作業が可能になった。②水稲の乾田直播では水管理が難しいと言われるが、FOEASの自動水位制御で水管理が容易で省力化でき、失敗なく栽培できた。③ほ場の排水性が高く、降雨頻度の高い大豆や小

麦の播種時期に計画どおりに作業できた，等の高い評価を得た．課題としては，新技術についての経験不足による不安やトラブルに対応するため，技術体系の十分な説明やリアルタイムのサポートを研究機関および普及機関に希望し，技術マニュアルの提供や定期的な巡回指導を希望するとのコメントがあった．

#### 引用文献

- 1) 大下泰生 (2013), 地下水位制御システム (FOEAS) を活用した水稻-小麦-大豆輪作技術, Let's 農業 (関東農政局), 31, 6-7
- 2) 鵜澤順一 (2012), 基盤整備と共に進める集落ぐるみの営農-篠本新井地区-, 水土里ネットちば, 295, 6-7

(大下 泰生)

## (2) 龍ヶ崎市における水稲有機栽培に関する実証試験

### a) 実証試験の背景と目的

わが国の農産物の総生産量に占める有機農産物の生産量（有機 JAS 格付数量）の割合は、0.24%と極めて低い。この原因として、わが国では汎用的な有機栽培技術が確立していないため、有機農業への新規参入が進まないことが一因として挙げられる。水稲の有機栽培では、直接労働の約3割を除草作業が占めており、雑草対策が最も重要な課題である。しかし、化学合成除草剤を使用しない有機栽培では、単一の抑草技術で雑草害を防ぐことは困難である。このため、栽培地域の気象や有機栽培ほ場の条件などに合わせて、複数の抑草技術を組み合わせた雑草対策を講じる必要がある。

そこで、有機農業体系研究グループでは、多目的田植機に装着可能な高精度水田用除草機と米ぬか散布（図6-2）-(2)-1）や2回代かきなどの耕種的な抑草技術を組み合わせた省力的で除草効果が高い除草体系を組み立てた。これを中核として、2008年より有機 JAS に準じたほ場管理を行う「有機栽培システム」（表6-2）-(2)-1）を場内ほ場で実践し、除草効果や水稲の生育等に対する影響を調査、解析してきた。しかし、場内ほ場は1筆の面積が4～12a程度と小さいこともあり、除草機械の作業性、水稲の収量性（全刈り収量）、生産コストなどの評価には限界がある。このため、2012年より茨城県龍ヶ崎市の有限会社Y農場において本除草体系（有機栽培システム）を導入し、除草効果、水稲の生産性、労働時間や生産コストなどを評価することを目的に、実証試験を継続している。



図6-2）-(2)-1 高精度水田用除草機による機械除草同時米ぬか散布作業

### b) Y農場の概況と実証試験への取り組み

Y農場は、経営規模約100ha、従業員14名の先進経営農家である。水稲単作経営であることから、必要最小限の機械装備で多様な品種を組み合わせることにより、移植、収穫などの作業競合を分散させ、あわせて生産コストの低減を実現している（表6-2）-(2)-2）。米は全量直接販売しており、米粉スイーツの生産・販売にも取り組んでいる。1998年から紙マルチを利用した有機栽培を開始し、現在の有機 JAS 認定ほ場による有機栽培面積は約5haである。紙マルチ栽培は、専用の田植機で移植と同時に活性炭入りの紙マルチを田面全体に敷きつめる栽培法で、移植後30日間程度はマルチにより高い抑草効果が得られる。一方、紙マルチ栽培の問題点は、紙マルチに



かかる費用が10アール当たり2万5千円程度と高額なこと、マルチ設置後数日の間に大雨が降るとマルチが浮き上がり移動して多くの苗が欠損することなどである。Y農場では、これらの問題を解決する技術の一つとして、高精度水田用除草機等を利用した除草体系に取り組むこととなった。

表6-2)-(2)-1 所内ほ場および実証ほ場における有機栽培システムの概要

作業	所内ほ場での栽培システム	実証ほ場での栽培システム	導入目的
育苗	温湯消毒, プール育苗	→ ○	病害防除, 健苗育成
施肥	有機アグレット (基肥 + 追肥)	→ 秋に堆肥投入 (無施肥)	生育・収量向上
代かき	2回代かき (5月中旬, 田植え1~2日前)	→ ○	雑草抑制
移植	中苗移植・晩植 (6月上旬頃)	→ ○	初期生育確保, 雑草抑制
	栽植密度 = 30 cm × 18 cm	→ ○	穂数確保, 雑草抑制
	深水 (約10 cm) 管理	→ ○	雑草抑制
	移植同時米ぬか散布	→ ○	雑草抑制
除草	高精度水田用除草機 (10日おきに2回)	→ ○	雑草抑制
	除草時米ぬか散布	→ ○ (+手取り除草)	雑草抑制
中干し	実施	→ ○ (中干し期間は短く)	酸素供給による健根形成等
収穫	収穫後耕起 (できるかぎり早く)	→ 収穫作業が長期のため困難	雑草種子の増加防止

\*所内ほ場では枕地は除草機のターンのためにあけているが、実証ほ場では枕地にも水稻を移植した  
\*水稻品種は、所内ほ場はコシヒカリ、実証ほ場はゆめひたち

表6-2)-(2)-2 Y農場の経営概要

経営部門	米と米粉スイーツの生産・販売 稲作機械作業の受託
経営面積	100ha すべて水稻
従業員	14名 うち役員2名, 加工4名
主要機械	
トラクター	4台 75PS, 73PS, 46PS, 24PS
田植機	2台 8条, 6条紙マルチ
コンバイン	1台 6条
乾燥機	4台 60石
出荷施設	ライスセンター, 低温倉庫
加工施設	調理場, 売店

### c) 試験区の設置と栽培管理法

実証試験は、2012年には2ほ場 (面積は75aと42a)、2013年には1ほ場 (面積は40a) を追加して計3ほ場で実施している。いずれのほ場も試験前年まで慣行栽培を行っていたほ場であり、有機JAS認証ほ場ではない (注: 有機JAS認証には有機JAS法に基づくほ場管理等を3年間継続する必要がある) が、本試験では有機JASに準じたほ場管理を実施するよう努めている。対照区として、実証ほ場の近隣の慣行栽培ほ場を2012年は2ほ場、2013年は3ほ場を設定し、雑草や水稻の生育、収量調査等を行っている。

実証ほ場では、当グループが場内試験で行ってきた有機栽培システムを基本に、Y農場での栽培法にアレンジした栽培管理を行っている (表6-2)-(2)-1)。移植及び除草に必要な多目的田植

機と高精度水田用除草機は、当グループ所有のものを約1ヶ月間貸し出すことで対応している。本機による除草作業をはじめ、育苗から収穫までの作業は原則としてY農場のオペレーターが行っている。

#### d) データの解析

ほ場におけるデータは、グループ内でデータ収集項目を決定した上で、各専門分野の研究担当者が調査し、収集・解析を行っている。調査項目は、土壌の理化学性、土壌中の雑草埋土種子量、雑草の残存量、水稻の欠株率、生育期の株数と乾物重、いもち病等の病害発生程度、収穫期の形質、玄米収量（坪刈り、全刈り）などである。2013年からは昆虫分野の研究員が加わったことから、生物相の調査を開始している。

有機栽培ほ場は、慣行栽培ほ場と畦畔などで明確に区別されていることが必須条件であることから、同一ほ場内で反復をとって有機栽培と慣行栽培を比較・評価することは不可能である。このため、両者を統計的手法により比較するためには、ほ場単位で反復を設定せざるを得ない。2012年は、開始年ということで実証ほ場、慣行栽培ほ場とも2ほ場での試験となり、両ほ場の移植日が数日程度異なっているなど十分なデータ解析ができる状況ではなかった。2013年には、実証ほ場、慣行栽培ほ場とも3ほ場で試験を行うこととし、移植日をそろえるなどの対応をしたことから、各データ収集項目の平均値の検定などの統計的な解析は可能となっている。しかし、元々のほ場条件の違いによる影響は取り去ることはできない。

経営的な評価に関しては、移植と除草に係る作業時間のみは当グループで計測しており、その他の作業に係る時間、人員、使用機械、資材等については記帳していただいた資料を定期的に提供していただいている。これに基づいて、当グループの農業経営の担当者が生産コスト等を解析している。

#### e) 実証試験の問題点

実証試験における問題点について、以下に列挙する。

##### (a) ほ場の設定と統計解析

上述したように、ほ場単位での反復を設定した試験であることから、実証ほ場と慣行栽培ほ場に差があったとしても、栽培管理の違いによるものかほ場条件の違いによるものかを判断することができない。このような場合、年次によりほ場を入れ替えて試験を行い解析する方法がある。しかし、有機栽培ほ場を一旦慣行栽培に戻すと、再度有機栽培ほ場に認定されるまで3年を要するため農家ほ場でこのような方法を実施することはできない。

##### (b) 有機栽培ほ場の確保

本試験は開始から2年しか経過しておらず、実証ほ場は有機JAS認定ほ場ではない。有機栽培では、継続することにより土壌の理化学性、生物相、雑草の埋土種子量などが変化していくため、実証技術についても本来は4～5年程度のスパンで評価していくことが必要である。実証試験を開始するに当たっては、Y農場の有機JAS認証ほ場（紙マルチ栽培ほ場）の使用も検討した。しかし、貴重な有機JAS認定ほ場でいきなり実証技術を行うことに生産者、当グループともに不安があった。また、紙マルチ栽培ほ場の一部を実証試験に利用することについては、紙マルチ栽培と本実証技術で水管理法などが大きく異なることから不可能と判断した。

(c) 栽培システム全体を実証することの困難性

2年間の実証試験により、実証技術の中核である除草体系の有効性は示すことが可能である。しかし、2013年の試験では、移植時の欠株率が高く、出穂期前のイネツトムシ（イチモンジセセリの幼虫）の大発生（図6-2）-(2)-2により収量が著しく低下したことから、有機栽培システム全体としては見直すべき項目も出てきている。実証ほ場の生産物は「有機栽培米」ではなく慣行栽培米の価格で販売するため、減収は生産者の収入に直接影響する。本実証試験のように、栽培システム全体が慣行栽培と大きく異なりかつ収量変動要因が多い場合には注意を要するとともに、生産者への補償等についても事前に取り決めておく必要があると考える。



図6-2）-(2)-2 イネツトムシによる葉の食害（2013年8月）

f) 生産者の評価

当グループが提案している高精度水田用除草機等を利用した除草体系は、2回の機械除草作業が加わるものの資材費が抑制されることなどから、b)に記した紙マルチ栽培の課題を解消する技術として生産者から一定の評価を得ている。一方、入手・保管しにくい米ぬか（粒状）にかわる抑草資材の散布もしくは機械の改良による株間除草効果の向上および水稻の欠株率低減等が本体系に対する課題・要望としてあげられている。これらが改善されれば、紙マルチ専用田植機の更新時期等を契機に、Y農場に本体系が導入される可能性がある。

g) 今後の展開

今後は、2013年のような減収とならないような有機栽培システムを構成している各技術の修正を行っていききたい。しかし、化学肥料や農薬を使用できない有機栽培では対処法は限られていることが問題である。本来、栽培システムの実証試験はほ場条件、気象条件、経営規模等が異なる複数の農家ほ場において実施していくことが理想的と考える。一方、有機栽培を行っているまたは開始したい生産者は少ないため実証ほ場試験の複数の生産者での実施は困難である。また、実証ほ場が増えると、貸し出しを行う除草機械の整備、現場に対応する研究者の確保が必要となる。現在、プロジェクト研究を通じて県等と連携した現地試験の実施を計画中であり、この中で有機栽培システム全体の実用化を目指していく予定である。

(三浦 重典)

### (3) 筑西市における大豆不耕起狭畦栽培に関する実証研究

茨城県筑西市の田谷川土地改良区ではブロックローテーションにより稲-稲-麦-大豆の3年4作が行われている。大豆は小麦後の梅雨期に播種されるため耕起の遅れによる播き遅れが問題となっていた。2004年に中央農研の不耕起播種技術の出前指導が行われたことから、不耕起播種機を導入する農家もあり、一時は地区全体の36%で不耕起栽培が行われた<sup>3)</sup>。不耕起播種は適期播種には有効なものの、茎疫病に弱い「納豆小粒」が主に栽培されていることもあり、苗立ち不良や早期の立ち枯れが多発し、減収することも多いため、最近の不耕起栽培の面積は現地試験に協力して頂いているY農園を主に約30haにまで減少した。

茨城県の大豆の主産地である筑西市で大規模なブロックローテーションを行っている田谷川土地改良区に、汎用不耕起播種機による大豆不耕起狭畦栽培を含む輪作体系が普及すると、周辺への波及効果が期待できるので「輪作プロ」,「担い手プロ」等の現地実証ほが設けられた。しかし、田谷川地区の排水対策は後述のように不十分で、「納豆小粒」が主な品種であったので茎疫病による苗立ち不良の発生が危惧された。そこで、不耕起大豆の定着にとって非常に重要である苗立ち安定化について検討した。1998年から2005年にかけて同県稲敷市南太田において不耕起狭畦栽培の現地試験を実施して、茎疫病による苗立ち不良を防ぐには暗渠に明渠と弾丸暗渠を加えた排水対策と殺菌剤の組み合わせが有効なこと<sup>1)</sup>、また、不耕起大豆の苗立ち不良はフレールモアによる麦稈処理作業や基肥施用の省略によって軽減しうる可能性があることを明らかにした<sup>2)</sup>。筑西市の現地ほ場は暗渠が整備されておらず、営農排水対策としては50a未満のほ場では額縁状の明渠のみで、50aを超える大区画ほ場では中央部に明渠を増設するのみである。心土破碎は一部を除き行われていない。このような条件でも、基肥無施用やフレールモアによる麦稈処理の省略が苗立ち改善に有効かを検討した。また、心土破碎にかわる方法として、畦間サブソイラ(KKS-3道央農機)による作土層の破碎が苗立ち改善に有効かを検討した。苗立ち改善とは別の不耕起大豆の増収法としてモリブデン(以下、Mo)含量富化種子について検討した。

#### a) ほ場, 調査位置

図6-2)-(3)-1のaに示したように同一ほ区(農道や排水路で区切られ、通常10~15ほ場程度の区画)の隣接する50a未満の2ほ場、または基幹明渠で二分された50a以上のほ場を主にもちいた。反復は異なるほ区に設けた。2007年の基肥施用試験と種子Mo富化試験では汎用不耕起播種機を用いて試験区を設定した。基肥施用試験では4工程(7.2m)毎に肥料ホッパのシャッタの開閉を切り替え、施肥区と無施肥区を設定した(図6-2)-(3)-1c)。種子Mo富化試験では6個の種子ホッパを左右3個にわけ、一方にMo含量富化種子を他方に対照種子を入れ播種し、富化種子区と対照種子区が6条ずつ交互に現れるようにした(図6-2)-(3)-1d)。

先行した稲敷市の現地試験の経験や筑西市現地の観察では、不耕起播種した場合の苗立ち不良の程度は図6-2)-(3)-2aの様に水口側枕地で激しく、水尻側に向かうにつれて軽くなる傾向があった。そのため苗立ちや収量の調査は図6-2-3-2bに示すように枕地とほ場内部とをわけ、ほ場内部では水口側からの距離にあわせて系統的に設定した。ただし、枕地部分は試験によっては調査をしない場合があった。

Y農園における現地試験ほは、苗立ち改善に関する試験ではその年大豆が作付けされるブロックで多湿なほ区をY農園に選び出してもらい、その中から選定した。Mo含量富化試験で富化種子区と対照区が6条ずつ交互に出現するようにするには不耕起播種を往復作業で行う必要がある

(図6-2)-(3)-1 d). Y農園の不耕起播種は20a未満のほ場は回り作業が、20a以上では往復作業が慣行である。そのため、この試験では苗立ち不良が少なかったほ区をY農園に選び出してもらい、その中から20a以上のほ場を選定した。

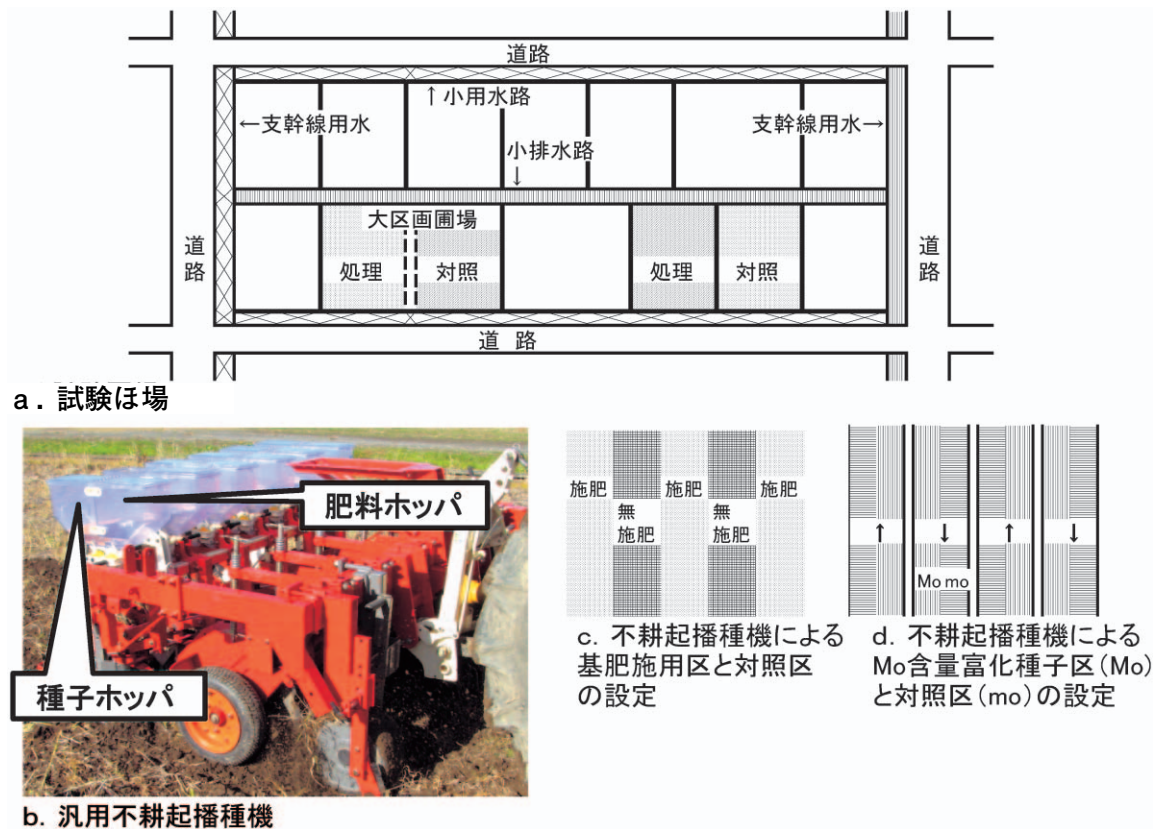


図6-2)-(3)-1 筑西市現地試験の試験区の設定例

- a) 試験ほ場 同一ほ区の隣接ほ場や明渠(破線)で二分された50a以上の大区画ほ場を用いた。一方を処理区、他方を対照区とした。反復は異なる農区に設けた。周囲を農道と支幹線用水路と支幹線排水路に囲まれているほ場群を農区と言い、ほ区とは農区を小排水路で2分割したものの。
- b) 汎用不耕起播種機 条間30cm 6条。一つの播種条に肥料ホッパと種子ホッパが一つずつついている。全てのホッパの底にシャッターがありホッパ毎に開閉することができる。
- c) 汎用不耕起播種機による基肥施用区と対照区 肥料ホッパのシャッターの開閉で施肥の有無を設定した。
- d) 汎用不耕起播種機による Mo 含量富化種子 (Mo) と対照区 (mo) 矢印は播種機の進行方向。進行方向に向かい3個の種子ホッパに Mo 含量富化種子 3個に対照種子をいれた場合の例。

**b) 基肥施用試験**

2007年は基肥無施用による苗立ち不良改善効果を確認する試験を実施し、2008年は全刈り収量の改善効果を検討した。品種は「納豆小粒」を使用した。窒素、燐酸、カリの施肥量 (kg/10a) は前者が中央農研慣行の3, 12, 12で、後者が現地慣行の2.7, 9, 9であった。効果確認試験は図6-2)-(3)-1cのように一筆のほ場に施肥区3反復、無施肥区2反復を設けた。苗立ち数等は水口側から20, 40, 60, 80mの4地点で調査し、調査地点毎に数字を平均し、施肥法と調査位置の二元配置で分散分析を行った。全刈試験は8ほ区で実施し、ほ区をブロックとする乱塊法で

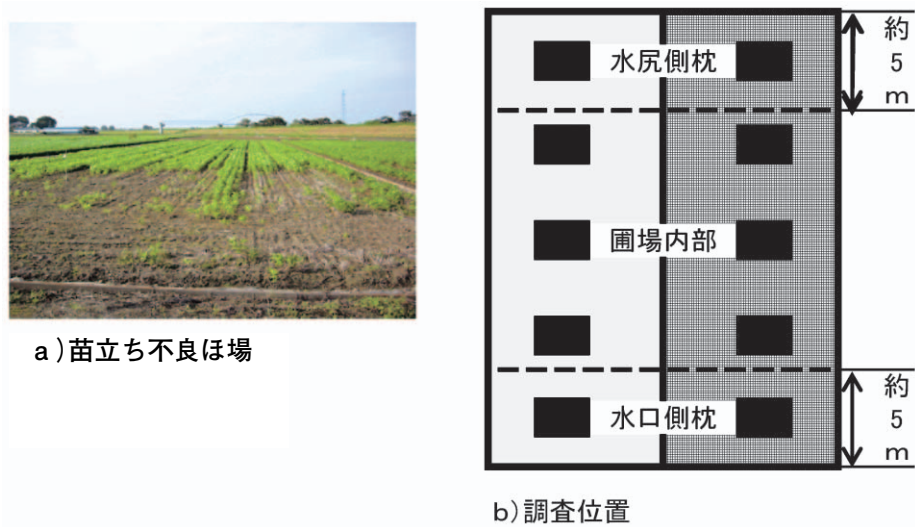


図6-2)-(3)-2 苗立ち不良ほ場と苗立ち改善試験の調査位置

- a) 苗立ち不良ほ場 水口側から撮影。ダイズ不耕起播種ほ場で、苗立ちが不良になる場合は、水口側の枕地が悪く、水尻に向かうとよくなることが多い。
- b) 調査位置 ランダムに調査位置を決定するのは難しいため調査位置■は図のように枕地とほ場内部にわけて設定した。枕地の長さは汎用不耕起播種機の作業幅の3倍で明渠の際からの約5m。それよりも内側をほ場内部とした。ほ場内部については水口側からの距離によって系統的に定めた。

分散分析を行った。

その結果、表6-2)-(3)-1に示すように、基肥無施用は筑西においても不耕起大豆の苗立ちと収量の改善に有効であった。また、全刈り試験においても基肥無施用で増収した。これらの結果を受けて、Y農園は2009年から大豆を無肥料で栽培している。基肥無施用の条件で大豆栽培が継続された時の土壌養分や作物収量についてモニターを行う必要があると思われる。

表6-2)-(3)-1 基肥施用の有無が不耕起ダイズ（「納豆小粒」）の収穫期の株数、坪刈り収量、全刈り収量に及ぼす影響

基肥	効果確認試験		全刈り試験	
	本数 株/m <sup>2</sup>	子実重 g/m <sup>2</sup>	基肥	収量 kg/10 a
施用	7.9	163	施用	137
無施用	14.2	235	無施用	182
分散分析			分散分析	
要因	検定		要因	検定
調査位置	n.s.	*	圃区	**
基肥施用	**	**	基肥施用	*

効果確認試験は2007年、全刈り試験2008年に実施。  
 効果確認試験は図6-2)-(3)-1aの様に試験区を設定した。株数等は水口側から20, 40, 60, 80mの4地点で調査し、調査地点毎に数字を平均し、施肥法と調査位置の二元配置で分散分析を行った。  
 全刈り試験は図6-2)-(3)-1cの様に試験区を設定した。ほ区をブロック、基肥施用を要因とする乱塊法で分散分析を行った。  
 検定欄の\*は5%水準で\*\*は1%水準で統計的に有意であったことを示す。

### c) 麦稈処理省略試験

麦稈処理省略は苗立ち不良改善効果の確認試験と全刈りによる収量試験を2010年に実施した。効果確認試験は「納豆小粒」と「タチナガハ」を用いて各品種2反復で実施した。麦稈処理を主区，調査位置を副区とする分割区法で分析を行った。全刈試験は「納豆小粒」を用い4つのほ区で実施し，乱塊法で分散分析を行った。

その結果，麦稈処理の省略で苗立ち数や坪刈り収量が改善する傾向があり，「タチナガハ」では統計的に有意であった（表6-2）-(3)-2）。また，全刈り収量も麦稈処理省略区は処理区に比べ増収し，その差は10%水準で有意であった（データ略）。現地では全てのほ場で麦稈を焼却することは難しいため，麦稈処理も行われている。Y農園では中央農研の成果<sup>3)</sup>をもとに2012年から不耕起栽培を減収の危険性の低いほ場に限定するようになっている。稲敷市の現地試験では麦稈処理と基肥施用を行った条件でも排水対策と殺菌剤種子処理を組み合わせると苗成ちは良好であった<sup>1)</sup>。茎疫病に有効な種子処理剤が登録されたので，稲敷現地と同様な対策で麦稈処理の負の影響を軽減できることも考えられるので，今後，検討する必要がある。

表6-2)-(3)-2 麦稈のフレールモア処理の省略が不耕起栽培のダイズ（「タチナガハ」）の収穫時の本数，収量に及ぼす影響（2010年）

ほ場内位置		本数/m <sup>2</sup>		子実重 g/m <sup>2</sup>	
		処理	無処理	処理	無処理
水口側枕		5.2	7.0	126	129
ほ場内部	1	10.5	16.1	238	294
ほ場内部	2	16.3	18.6	280	301
水尻側枕		5.4	12.1	80	238
分散分析					
要因	自由度	検定		検定	
ブロック	1	**		**	
麦稈処理	1	**		**	
一次誤差	1	n.s.		n.s.	
ほ場内位置	4	**		**	
交互作用	3	n.s.		n.s.	
二次誤差	6				

図6-2)-(3)-1 aの様に試験区を設定した。  
ほ場内部1は水口側から約15m，ほ場内部2は約45mの位置。  
検定欄の\*は5%水準で\*\*は1%水準で統計的に有意であったこと示す。

### d) 畦間サブソイラによる作土破碎試験

畦間サブソイラを用い額縁明渠に接続する連続した深さ15cm程度の亀裂を形成することが苗立ち改善に有効かを検討した。畦間サブソイラは水口側から15～20mの位置まで2～3mのピッチで施工した。供試品種は年度により異なるが「納豆小粒」と「タチナガハ」。畦間サブソイラを主区，調査位置を副区とする分割区法で分析を行った。

2010年の「タチナガハ」の試験結果を例として示した。畦間サブソイラ区の水口側枕地近傍では苗立ち数が対照区よりも高い傾向があったが，ほ場内部では両者に差がなかった。畦間サブソイラは枕地近傍に施工すると苗立ち改善に有効と考えられた。収量は畦間サブソイラ区が大きい

傾向があったが、雑草が多発したほ場がすきこまれ反復が減少したことも有り、統計的に有意ではなかった(表6-2)-(3)-3)。「納豆小粒」を用いた他年度の結果でも、苗立ちが改善し収穫期の本数が増加する傾向は認められるものの、それが有意な増収にはつながっていない(データ略)。Y農園の不耕起栽培は今後は減収の危険性の低いほ場を実施されるが、茎疫病に有効な種子処理剤と畦間サブソイラの併用で減収の危険性をさらに小さくできるか継続して検討する予定である。

表6-2)-(3)-3 畦間サブソイラの作土層処理が不耕起栽培のダイズ(「タチナガハ」)の苗立ちに及ぼす影響(2010年)

ほ場内位置	出芽数/m <sup>2</sup>		苗立数/m <sup>2</sup>		子実重 g/m <sup>2</sup>	
	対照	サブソイラ	対照	サブソイラ	対照	サブソイラ
水口側枕近傍	17.0	20.5	16.7	19.9	294	320
ほ場内部	21.1	20.6	20.6	20.3	325	304
分散分析						
要因	自由度	検定	検定	自由度	検定	
ブロック	2	n.s.	n.s.	1	n.s.	
サブソイラ	1	n.s.	n.s.	1	n.s.	
一次誤差	2	n.s.	n.s.	1	n.s.	
ほ場内位置	1	*	*	1	n.s.	
交互作用	1	*	*	1	n.s.	
二次誤差	4			2		

図6-2)-(3)-1aの様に試験区を設定した。

畦間サブソイラを用い額縁明渠につながった深さ15cmの連続した亀裂を播種溝に直交する方向で作土層内に形成した。

畦間サブソイラは水口側から20mの位置まで3mピッチで施工。

水口側枕近傍は水口側から約15m、ほ場内部は約45mの位置。

検定欄の\*は5%水準で、\*\*は1%水準で統計的に有意であったこと示す。

3ブロックで試験を実施したが、雑草の発生が著しいほ場がすき込まれたため、収穫期のブロック数は2となった。

#### e) Mo 含量富化種子の試験

現地の慣行播種量は「タチナガハ」が8kg/10a、「納豆小粒」が3kg/10aで、ほ場単位で試験を行うには大量の種子が必要となる。しかし、場内のほ場でMo富化種子を大量に生産するのは難しいため、不耕起播種機を用いて図6-2)-(3)-1dの様なMo含量富化種子と対照種子の試験区を設けた。「タチナガハ」と「納豆小粒」を供試した。4～5地点から両区を坪刈りし対応のある2標本のt検定を行った。

2009年の「納豆小粒」の試験結果を示した。調査地点4を除くとMo含量富化区の収量は対照区の同等以上であったが、差は有意では無かった(表6-2)-(3)-4)。調査地点4でMo含量富化区の収量が対照区より劣ったのは、Mo含量富化区が乗用管理機の走路にあたったためである。図6-2)-(3)-1dのようにMo含量富化区と対照区が交互に現れるので、作業機の走路跡等を予め除いて調査位置を決めておくべきであった。



表6-2)-(3)-4 Mo 含量富化種子の増収効果 (「納豆小粒」, 2009年)

坪刈 地点	収量 (kg/10 a)	
	Mo 富化	対照
1	240	228
2	269	266
3	317	275
4	258	282
5	258	259
平均	268	262
検定	n.s.	

図6-2)-(3)-1dの様に試験区を設定した。  
各坪刈り地点から隣接する Mo 富化区と対照区のサンプルを坪刈りした。数値は対応のある 2 標本の t 検定で検定した。  
坪刈り地点 4 の Mo 富化区は子実害虫防除作業で乗用管理機が走行したため損傷による減収した可能性がある。  
坪刈り地点を選定する際に作業機の走路の位置などを考慮すべきであった。

#### f) Y 農園の評価

基肥無施用の効果確認試験では株数や生育量の処理間差が観察でも明確だったので、Y 農園は全刈り試験の実施にも積極的であった。Y 農園では全刈り試験で効果を確認した翌年から大豆を基肥無しで栽培するのが標準となった。麦稈処理省略に苗立ちや収量の改善効果があることは認めている。しかし、Y 農園は、麦稈を焼却しないほ場で不耕起播種作業を円滑に行うには麦稈処理が必要と考えおり、現在のところ麦稈処理の省略は麦稈焼却ほ場に限定されている。

畦間サブソイラ処理は水口側枕地近傍の苗立ち数や収量を改善するものの、処理部以外の収量を顕著に改善しなかった。そのためあまり評価されていない。Mo 含量富化種子の収量が対照区よりまさった年でも、両者の葉色や生育量の差が基肥無施用試験のように明確ではないことや、試験区の配置から両者を別々にコンバイン収穫することが難しいことから、Mo 含量富化種子の増収効果は実感されていないと考えている。一筆単位の試験区による全刈り収量の比較ができるよう採種量を増やす必要がある。

#### 引用文献

- 1) 浜口秀生・渡邊和洋・松尾和之・梅本雅・中山壮一・小野信一・長野間宏・渡邊好昭 (2007) 転換畑における不耕起大豆の苗立ち不良について, 日本作物学会紀事, 77(別1), P 80-81
- 2) 浜口秀生・松尾和之・加藤雅康・渡邊和洋・島田信二・渡邊好昭 (2008) 土壌の圧密と基肥施用が転換畑における不耕起ダイズの苗立ち及ぼす影響, 日本作物学会紀事, 78(別1), 22-23
- 3) 松尾和之・濱口秀生・渡邊和洋・渡邊好昭 (2011) 携帯型 GPS による農作業履歴の記録と履歴情報の利用 - 播種履歴を考慮したダイズ不耕起播種栽培の評価 -, 日本作物学会紀事, 80(4), 448-456

(浜口 秀生)

#### (4) 上越市における水田輪作体系に関する実証研究

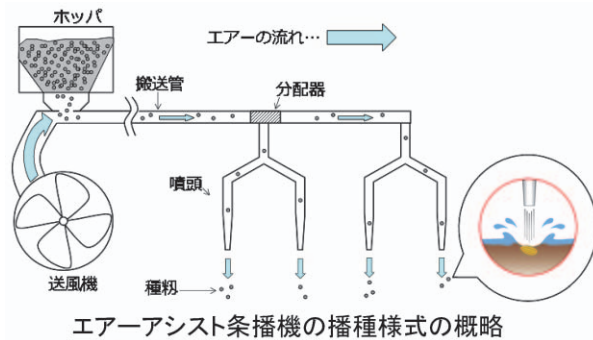
##### a) 本現地実証試験について

本実証試験は農林水産省委託プロジェクト研究「水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発」（2007～2011年）において土地利用型農業の各地帯区分に適合した低コスト技術体系モデルを提示、実証することを目的に行われた。中央農業総合研究センター北陸研究センター（以下北陸セ）では、寒冷地2年3作水田輪作地帯の区分で、新潟県（担当北陸セ）、長野県（担当長野県農試）、富山県（担当富山県農研）、宮城県（担当宮城県古川農試）の4カ所で実証試験を行った。

新潟県、長野県、富山県においては、水稻はラジコンヘリ並の効率で条播栽培を可能にするエアアシスト水稻条播機（図6-2）-(4)-1）による湛水直播栽培技術、一方転換作物では湿害を低減する耕うん同時畝立て播種機の汎用利用技術およびダイズの狭畦栽培技術（図6-2）-(4)-2）による2年3作体系の確立を目指した。



種籾を空気搬送で32条分（作業幅9.6m）を一度に播種を行うエアアシスト水稻条播機



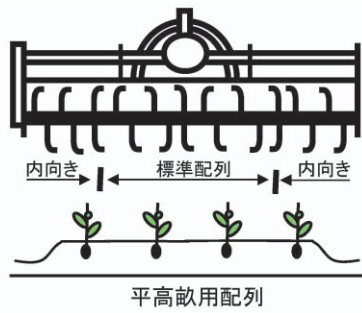
播種部の様子

図6-2）-(4)-1 1 ha ほ場を約45分で播種可能なエアアシスト水稻条播機

##### b) 実証試験地

新潟県上越市頸城区（図6-2）-(4)-3）の経営耕地約40haの農家（以下N農家）で家族労働と雇用者1名で行っている1法人である。ほ場は両側低段差農道（農道ターン方式）が導入された大区画ほ場が整備されている。N農家は、ムギやダイズを栽培しており、試験研究などの新技術に興味がある生産者ということで普及センターに紹介をしてもらい、実証試験への協力を得ることができた。

作付けは水稻が主力で、ほとんどが移植栽培であるが、打ち込み点播機を用いた水稻直播を2～3ha導入している。実証試験開始当初はオオムギ、ダイズで約9haあったが、オオムギはN農家の意向により実証試験の期間の途中から作付けがなくなり、実証試験ほ場のみとなった。



耕うん同時畝立て播種機による狭畦大豆播種



現地実証による狭畦大豆栽培

図6-2)-(4)-2 耕うん同時畝立て播種機による麦あとの平高畝立て一工程播種



5月の実証ほ場 オオムギ(ミノリムギ)の出穂期  
隣の田は代かき作業



2月のオオムギ実証ほ場 2011年は根雪期間が119日

図6-2)-(4)-3 実証試験地

N農家では、耕うん同時畝立て播種機は、すでにダイズで畝立て播種（播種条ごとの畝立て）が出前技術指導により導入されていた。そこで、新たにオオムギへの適応やムギあとの狭畦ダイズの実証にも協力を依頼したところ、協力を得られることになった。さらに、N農家では水稲の面積拡大に伴い育苗の負担が増えていることから直播面積の拡大を検討していたこと、新しい技術に対して興味を持っていることから高能率のエアアシスト水稲直播の実証試験を行うことになった。

### c) 実証試験地での試験方法

#### (a) 品種

水稲品種は直播適性のある品種の導入を検討したが、N農家の意向により現在直播を行っている「コシヒカリ」となった。

ダイズは狭畦栽培に適した耐倒伏性のある品種を検討していたが出荷の都合から「エンレイ」、オオムギも同様の理由から「ミノリムギ」となった。

#### (b) 実証ほ場

水稲直播、イネあとオオムギ、オオムギあとダイズの3作物を2ほ場で作付けを行った。1ほ場あたりの面積は年次により変動があるが30a~50aである。実証ほ場の設定は、農家の作付け計画にあわせて移動するため、5年間同一ほ場で行った結果ではない。対照区は近隣の慣行栽培ほ場で生育や収量調査を行った。

#### (c) 作業

エアアシスト水稲条播機は開発の段階であったことから、N農家に試乗してもらうことはあったものの基本的に北陸研究センターで播種作業を行った。その後の管理作業は、打ち込み点播機と同一でN農家で管理を行った。収穫は全刈り収量が必要なため北陸セで対応する予定であったが、天候により急遽作業が入ることもあり、N農家が収穫をして、単独の乾燥機に入れてもらい全刈り収量を計測することもあった。

オオムギは途中からN農家が栽培を中止したため、播種作業から収穫作業および慣行栽培ほ場の栽培まで北陸セで行うことになった。ダイズも同様にムギあとダイズが実証ほ場以外ないため、播種作業などは北陸研究センターで行った。

### d) 調査およびデータの処理

ほ場実証試験に導入した技術が新しい播種様式や播種機であったことから、播種作業や管理作業の作業精度や作業能率を調査するとともに、苗立ち数、草丈、莖数等の生育調査を行った。また、生育調査結果は追肥などの管理作業に反映した。収量調査は、全刈り収量だけでなく坪刈りも行い収量構成要素を解析した。

これらの評価については、1作期に実証ほ場と慣行栽培ほ場の比較は行えるものの反復がないこと、また、ほ場も年によって異なることや、播種密度や施肥などの管理方法も前年の結果により変更しているため単純に比較することはできない。傾向として実証技術が慣行栽培に対してどうであったかにより評価するために、最終的に当実証ほ場以外の長野県および富山県の実証ほ場もあわせて評価した。

経営評価は、直接測定した作業の時間など以外に、農業経営担当が聞き取りや作業日誌から分析し、生産コストなどを解析した。

本実証試験では担当者が担当した部分は個別に論文としてまとめられたものもあったが、全体としてのとりまとめは概要書および成果集だけであった。これは当初から現地データの帰属をどうするか決めていなかったこと、体系としてまとめる者が決まっていなかったことなどが原因と考えられる。

#### e) 現地実証の進め方

現地実証を進めるためのN農家との直接交渉は、代表者を決めて行い、基本的には代表者を通すこととして、話に齟齬が生じないようにした。

冬期に当該年の経過と結果の報告を行うとともに次年度の計画について打ち合わせを行った。その計画の中で、使用するほ場の確定、農家からの希望、試験内容などについて調整を行い、大体の年次計画を立てた。実際には、作業の進捗状況や天候により臨機応変に対応することになるが、この話し合いをしておくことにより、相互理解ができ、作業などもスムーズに行えたと考えられる。このとき以外でも、作業や調査に行ったときには顔を出し、農家に時間がある場合には話をしてもらおうように心がけ、なるべく意思疎通がとれるように心がけた。このことが農家との信頼関係を築く上で重要であり、この信頼関係が実証試験を成功させるカギとなっていると考える。

急遽作業をするときや作業に変更があるときには直接携帯電話に連絡を入れてもらうこともあり、できる限り対応するようにした。特に農繁期には土・日曜日に連絡があることもあった。

また、最終年度の現地検討会は、N農家にも参加してもらい、現地を見ながら具体的な話と5年間のことをまとめて話してもらう機会を設けることができ、研究者側にとってはいい機会であったが、農家にとっても全国の研究者と話すことができ、良かったとのことであった。このようなことから、毎年の報告と次年度の計画の相談を代表者と一部の担当者で行っていたが、実証試験に関わった担当者全員で報告会のような方式で行うことができれば実証試験に対する理解が深まったのではないかとと思われる。

本技術についての現地実証したN農家の評価は、耕うん同時畝立て播種技術によるダイズの狭畦栽培は梅雨の合間でなかなか実施出来ない中耕培土が省略できること、収量も実感として高いということで、地域の生産者にも本技術の紹介をしたとのことであり高かった。一方、エアアシスト水稻条播機は、すでにN農家では打ち込み点播式直播機を使いこなしており、直播は移植作業前に数ha程度と限られた面積しか行っておらず、打ち込み点播式直播機の作業能率で十分にこなせるため、エアアシスト水稻条播機の高い作業能率は評価されなかった。N農家では、鳥害や倒伏軽減のために播種後からしっかり乾かす栽培方法を行っており、エアアシスト水稻条播機の播種深の浅い方法は好まれなかったこと、試作機のため事前の調整が必要なことから、高い作業能率の将来性は認めてくれたもの耕うん同時畝立て播種技術のような評価は得られなかった。

普及センターの担当者および専門技術指導担当者に年度末の報告および次年度計画の説明を行った。また、現地見学会や検討会に参加してもらうだけでなく講演もお願いした。専門技術指導担当者は、耕うん同時畝立て播種技術によるダイズやオオムギ栽培について、県内への技術情報提供を行っていたことから、本技術に対して一定の評価が得られていたと考えている。

## f) 本実証試験の課題

### (a) 現地実証における農家の意向

実施している農家との関係では実証試験中に大きな問題が生じた。本実証は5年間で行われたが、その途中でオオムギの栽培が中止されたため、N農家が行ってきた対照となる慣行栽培、管理作業などを北陸研究センターで行うことになり、実証試験を行うための農作業の負担が増えた。この試験ではサポート部門のバックアップにより何とか対応できた。しかし、農業情勢の変化、農家の意向の変化など、試験の開始時には予測がつかない事態が生じることは、リスクとしてあることは考えておかなければならない問題である。

今回の場合には、実証した技術はN農家で高く評価され周囲の農家にも波及したものの、経営判断により2年3作体系がなくなってしまい、技術普及しなかった。長野県、富山県の実証試験地では逆に実証試験中に全てのほ場に新技術が導入され、同一経営内に慣行栽培区を設定することが難しくなった。

### (b) 現地実証における作業

現地でこちらが担当する農作業は、基本的には担当のサポート職員にお願いすることになるが、作業の時期、作業機、資材の準備など、具体的な作業を指示できる研究者が少なく、一部の研究担当者とサポート職員が担っていた。

最後に、5年間にわたる生産者ほ場における新技術の展示や実証により、一定程度の技術の普及は見られたが、やはり普及現場（普及事業）と連携し、都道府県の方針や地域の要望とマッチングすることが、より良い技術の構築と普及にとって必要であると考えられた。

(関 正裕)

## 7. 今後の現地実証試験の方向

### 1) 土地利用型農業研究における On-farm research

研究機関の所内試験ほ場における試験研究では、農家ほ場に比べると均一性が高く、管理も行き届いているため、比較的再現性が良好な結果が得られる場合が一般的である。一方、農家ほ場では、地力や排水性、さらに病害虫、雑草の発生なども所内ほ場とは大きく異なることもしばしばである。農業研究で最終的に求められるのは、生産現場における最適な生産技術の構築であるため、所内ほ場で得られる成果を現場にアレンジする作業が必要となる。また、農家ほ場では、生産規模、作業機械、作業体系も所内ほ場における試験研究とは大きく異なることが多いので、現地でなければ実施できない試験研究も多い。

特に一部の作物では、農家ほ場での単収は、所内試験ほ場での単収に比べてかなり低いことが多く、そのギャップが生じる原因を明らかにして、農家ほ場で生産性を高める技術の構築が求められている。このギャップが生じる原因として、土壌の化学性、物理性など、広義の地力や排水性、保水性などの土壌要因だけでなく、播種や収穫作業の違いによる出芽苗立ち不良、収穫ロスなども関与していると考えられる。生産現場での生産性向上を図るためには、農家と同じ技術、視点にたった上での技術開発が不可欠である。

基本的に各種作物の生産性は、それぞれの作物が持っている遺伝子群と環境との相互作用によって決まり、さらに複雑系である土壌を介して決定されていくため、極めて複雑な反応を示す。そのため、最新の技術、知識を結集しても、研究機関のほ場だけで得られた情報のみでは、複雑で多岐に渡る現地の状況に応じた最適な技術が無駄なく示すことは困難である。

土地利用型農業の場合、一般的に個々の農家や法人の耕作面積が大きいために、利用するほ場の肥沃度や土壌水分、病虫害、雑草の発生程度などが変異に富むことが多い。そのため、全耕作面積に対して、施肥管理や病虫害・雑草防除を同一に行うとすると、どうしても資材や作業労力に無駄が生じることになる。そのため、ほ場の状況に応じて、これらの管理や投入量を調整することが重要になる。このように、生産現場の実情に応じて技術の微調整（fine tuning）による最適化を図り、無駄のない管理を行うには、現地の条件で検証することがコストの低減化と高い生産性の両立に不可欠である。

トウモロコシ、大豆の生産が世界一の先進的な土地利用型農業を行っているアメリカ合衆国では、これら作物などで省力的かつ継続的に農家単収の大幅な向上が図られている。アメリカ合衆国のこれら作物の生産では、各州に設置されている州立大学において、各作物の生産性、ひいては農家収益向上を目指して、基礎から応用、さらには農家への普及に向けた精力的な取り組みが行われており、特に技術の総合化を担う Agronomist が生産性向上に大きく寄与している<sup>1),3)</sup>。さらに大学で新たに開発した生産技術については、その技術が生産現場へ適用可能かを調査するため、農家の協力を得ながら現地適用性試験（Management Verification Program など）を実

施している。

また、各農家が自分のほ場に最適な品種、栽培方法、施肥量などを明らかにするため、農家自らがほ場試験を行う On-farm research が推奨され、その実験計画法や統計解析手法については州立大学から支援を受けることが可能であり、そのマニュアルなどもネット上で配布されている。アメリカ合衆国の場合、これら作物の耕作面積は、一農家で数百 ha にも及ぶことが多いが、各農家自身による On-farm research によって、無駄な施肥や管理作業を抑制しつつ、低コストで高い生産性の達成が可能になっているのである。

## 2) 処理効果が認められない結果（ネガティブデータ）の活用

栽培管理技術の改良に関する試験は作物の生産性や品質向上に不可欠であるが、それら試験は、今までの知見や経験に基づき、農家が実施可能な技術や処理レベルの範囲において試験設計が組まれるのが一般的である。その際、これら試験では各処理間において効果の差が見られない、いわゆるネガティブデータがしばしば発生する。このネガティブデータの原因として、試験設計時に試験区の構成や反復の設定に問題があり、統計解析上、有意差が生じない場合もあるが、統計解析に十分配慮したにも関わらず、処理間に統計的な有意差が生じない事例も生じることも多い。この処理効果がみられないネガティブデータは、一般的に学会発表や学術誌投稿が躊躇される傾向にあり、多くのデータが公表されることなくお蔵入りになる場合が多い。しかし、実験計画と統計的解析がしっかり行われた試験であれば、それら管理技術や肥培管理などが農家の収益向上には結びつかないことを示す貴重なデータであり、農家経営を考えると、無駄な投資や作業を省くために不可欠の情報である。このように、ネガティブデータは農家収益の向上にとっては重要であることを強く認識する必要がある。しかし、現実的には、処理効果がある場合のみに学術誌への投稿が一般的に行われ易いので、その結果、必ずしも常にプラスの効果を生じるわけではない管理技術を広く推奨する危険性がある。その一例として、大豆作における中耕培土作業があげられよう<sup>3)</sup>。

アメリカ合衆国では、州立大学の試験や農家自身の On-farm research により、効果が現れない処理の検証を継続的に実施している。一例として、ケンタッキー州立大学における Soybean Management Verification Program を紹介したい<sup>2)</sup>。このプログラムは大学で開発した新技術や栽培指針を農家のほ場で検証する取り組みで、新技術の普及や新たな改善点を見いだす目的も兼ねている。農家ほ場において、篤農家の慣行栽培技術と大学の推奨技術を用いて栽培し、生産性、生産費、および収益性を評価している。経済性の観点から、大学による栽培技術は、極力、管理作業や投入資材を減らす指針が提供されるのが特徴的である。試験が行われた3カ年（2010～12年）の平均として、単収では篤農家技術が49.6ブッシェル/エーカー、大学推奨技術は49.2ブッシェル/エーカーで、篤農家技術の方がわずかに高いが、投入資材や管理作業も多くなっている。一方、大学の指針では資材投入や管理作業が軽減されているため、農家収益は篤農家技術が505ドル/エーカーに対し、大学推奨技術は513ドル/エーカーとなり、より高い収益性を誇っている。このように、“効果がない”処理（管理作業や投入資材）を検証して省くことにより、より高い収益性を確保することを大学の技術開発では優先目標としており、そのためには、ネガティブデータの活用が不可欠となっている。



### 3) 日本における On-farm research の課題と将来

日本での On-farm research には、他の章で述べられたように、現地実証試験の他に、農家のほ場でなければ測定できない実験的研究もある。一農家の耕作面積は北南米などに比べれば小さく、また、水田では個々のほ場内における作物の生育程度の違いは畑ほどの差異は一般に見られないが、水田一筆毎の地力や土壌特性は場所、立地条件や管理来歴によって異なることも多く、やはり生産現場における実証的な On-farm research は重要である。

今後、農業構造の変化に伴い、土地利用型農業では、一層の省力化、低コスト化が求められる。その際、広範なほ場全てにおいて同一の肥培および栽培管理を行うことは、その増収効果や経済性を考えると不合理であり、ほ場の諸特性に応じて無駄を省いた最適化された管理を行う必要がある。その際は、各農家においても各種管理の適否について判断することが益々重要になっていくと考えられ、On-farm research の活用が、今後、一層求められていくことになるであろう。

#### 引用文献

- 1) Fisher, M.(2011) The role of agronomist in maximizing the potential of biotech traits. CSA News Magazine, 56, 4-9. available from < <https://www.crops.org/publications/csa-news> >,(accessed 1 November 2013)
- 2) Martin, A., C. Lee, L. Murdock and J. Herbek (2013) Soybean Management Verification Program Report, 2012. University of Kentucky, available from < [http://dept.ca.uky.edu/agc/pub\\_prefix.asp?Prefix01=PR](http://dept.ca.uky.edu/agc/pub_prefix.asp?Prefix01=PR) >,(accessed 1 November 2013)
- 3) 島田信二・白岩立彦・桂圭佑・島村聡 (2013) 日米における大豆生産技術の現状とわが国の課題. 梅本雅・島田信二編著, 大豆生産振興の課題と方向. 総合農業研究叢書, 68, 69-123.

#### 参考文献

- ・ Anderson, D. On-Farm Research Guidebook. 1-21. available from <[web.aces.uiuc.edu/vista/pdf\\_pubs/GUIDEBK.PDF](http://web.aces.uiuc.edu/vista/pdf_pubs/GUIDEBK.PDF)>,(accessed 1 November 2013)
- ・ Atta-Krah, A.N. (1992) On-Farm Research. The AFNETA alley farming training manual-Volume 1: Core course in alley farming, available from <<http://www.fao.org/wairdocs/ilri/x5545e/x5545e08.htm>>,(accessed 1 November 2013)
- ・ Statistical Services Centre, The University of Reading. (1998) On-Farm Trials-Some Biometric Guidelines available from <<http://www.reading.ac.uk/ssc/n/resources/Docs/On-FarmTrials.pdf>>,(accessed 1 November 2013)
- ・ Lawrence, D., N. Christodoulou and J. Wish (2004) Doing successful on-farm research. available from < [www.gga.org.au/files/files/1061\\_OFRFinal.pdf](http://www.gga.org.au/files/files/1061_OFRFinal.pdf)>,(accessed 1 November 2013)
- ・ Nielsen, R.L. (2010) A Practical Guide to On-Farm Research. available from <<http://www.kingcorn.org/news/timeless/OnFarmResearch.pdf>>,(accessed 1 November 2013)
- ・ Cornell University Nutrient Management Spear Program. (2012) On-Farm Research. Agronomy Factsheet, 68, available from < <http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet68.pdf>>,(accessed 1 November 2013)

(島田 信二)

所 長 *Director General*  
寺 島 一 男 Kazuo Terashima

**編 集 委 員 会**  
**Editorial committee**

委員長 *Editor-in chief*  
仁 平 恒 夫 Tsuneo Nihei

副委員長 *Deputy Editor-in chief*  
渡 邊 朋 也 Tomonari Watanabe

編集委員 *Editor*  
島 田 信 二 Shinji Shimada  
加 藤 直 人 Naoto Kato  
本 多 健一郎 Kenichiro Honda  
細 川 寿 Hisashi Hosokawa  
渡 邊 好 昭 Yoshiaki Watanabe  
矢 頭 治 Osamu Yatou

事務局 *Editorial Secretariat*  
中 尾 美佐子 Misako Nakao

**ファーミングシステム研究 No.12**

平成27年2月18日 発行  
独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
中央農業総合研究センター  
所長 寺島 一男

〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1  
Tel. 029-838-8979 (情報広報課)  
URL. <http://narc.naro.affrc.go.jp/>  
印刷 筑波印刷情報サービスセンター協同組合

本誌に掲載された著作物を転載・複製・翻訳される場合は  
中央農業総合研究センターの許可を得てください。

**FARMING  
SYSTEM  
RESEARCH  
No.12  
2015**



**NARO**

**農研機構**

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業総合研究センター