

委託プロジェクト
有機農業を特徴づける客観的指標の開発と
安定生産技術の開発
技術資料集

(国研)農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業研究センター

有機農業の広がりと深化のために ——有機農業技術研究資料集・まえがき——

この資料集は農林水産省の委託を受けて農業・食品産業技術総合研究機構(以下、農研機構)が中心となって5ヶ年にわたって取り組んだプロジェクト研究「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」(2013年度～2017年度)の報告書です。内容は2部に分かれており、第1部は、有機農業の安定化を目指す実践的な技術開発研究の報告、第2部は、有機農業の技術的本質を探るやや基礎的な研究の報告です。

日本の有機農業は、最初の提唱からすでに80年余が過ぎた、とても息の長い民間主導の技術運動と言えます。40年ほど前からは、食品公害、農業環境問題、地球環境問題の深刻化のなかで、安全で環境に優しいこれからの農業のあり方として広く国民の支持を受けるようになっていきます。これらの動きに遅れたスタートではありましたが、2006年には有機農業推進法が制定され、国民の願いに応じて、有機農業者の取り組みを支援する諸施策が国によって推進されるようになりました。

技術開発、研究推進も国の有機農業推進施策の重要な柱と位置づけられました。農林水産省の委託による本格的な研究プロジェクトとして、2009年から4年間の継続で「有機農業の生産技術体系の確立」(2009年度～2012年度)が実施されました。これを第1期とすれば、この資料集で報告する研究プロジェクトは第2期と位置づけられます。内容的には第1期のプロジェクトを継承しており、両者をもって推進法に基づいて農研機構が中心となって進めた有機農業技術研究9年間(2009年度～2017年度)の中間取りまとめとすることになります。

研究期間の終了にあたって、まずはプロジェクトの成果内容を実践農家にお伝えしたいという考えから、この資料集のとりまとめに先行してカラーパンフ『有機農業の栽培マニュアル——実践現場における事例と研究成果』(2018年5月)を刊行しています。本資料集はその内容を詳しく説明したものです。できれば両方を対照しながらお読みいただければと思います。

まず、この資料集の構成と内容を簡略に説明します。最初に述べたようにこの研究は、現場での実践的な技術開発研究とやや基礎的な研究の二つの部分に分かれています。

第1部の現場での実践的な技術開発研究では、3つの現地テーマを取り上げました。

第1のテーマは、佐賀・平坦水田地帯での、冬作に有機野菜や有機小麦を取り入れた複合農業的な経営改善への支援です。温暖な気候を活かした冬季の有機野菜や有機小麦には、生産者にとってかなり有利な需要が潜在的にはあるものの、現地ではなかなか安定した生産体制が確立できていないという状況がありました。この研究ではこうした現地動向に則して一連の改善策を提案しました。体系的な栽培技術がおおよそ確立されて、新しい経営的展望を見通せるところまで到達できたと考えられます。対象地域が地力に恵まれた全国有数の多収穫稲作地帯であり、その特質を矛盾なく活かしていくことへの配慮が、研究推進における一つのポイントとなりました。

第2のテーマは、中部日本での有機レタス栽培に関するものです。

ここでは、長野・高冷地野菜地帯を取り上げ、そこで確立されてきたやや大規模な有機レタス栽培の生産体系の紹介と改善対策の提案をしています。長野県は高冷地野菜の大産地となっており、生産農家の規模も大きく、所得水準もおおむね高いものです。しかし、生産技術の実態をみると、連作、多肥多農薬の問題は深刻で、それへの抜本的対策の確立が求められています。また、高冷地野菜の有機栽培への消費者の期待も大きなものです。

こうした中で現地を精査してみると、有機農業でかなりの規模(約7ha)の生産体系の確立に成功している農家事例に出会うことができました。この研究では、この農家の、べたがけ資材(半透明の薄い

不織布)の浮きがけ利用などの一連の生産技術を詳細に追跡し、その技術内容を科学的に整理し、なお残されているいくつかの技術的な課題についても改善の方途を提示することができました。この成果を踏まえた生産により、高冷地レタスの有機栽培の普及・拡大を進めることが可能になると期待されます。

併せて、秋冬季レタスの大産地である茨城県の事例も取り上げました。ここでの有機レタス栽培では病害が大きな障害になっているので、病害の実態を詳しく調査し、病原菌の特定や有機栽培における対策を提案しました。

第3のテーマは、京都府・中山間地帯でのビニールハウス利用の有機ホウレンソウ周年栽培に関するものです。提案の内容は、連作障害対策技術として開発されたカラシナ、ダイコン残さなどの鋤込みによる生物的土壌燻蒸処理の実施です。太陽熱利用の消毒技術についてはすでに一般技術として普及定着していますが、この提案はそれを高度化し、連作障害対策に終わらせるのではなく、さらに土づくりの進展へと繋げようとしたものです。京都府だけでなく山口県でも同様の試験を進め、成果の汎用性を確認しています。加えて、施設ホウレンソウ栽培で難問題となっているホウレンソウケナガコナダニの有機栽培における対策技術も提案できました。これらの研究は現地生産者との協働で進められ、現場において成功事例を作り出すことができました。

第2部では、現場での取り組みと連関させながら有機土壌の持つ特性を解析することにより、作物生産に関わる基盤的な研究を進めました。具体的テーマは4つあります。

第1は水稲箱育苗における有機栽培育苗土の病害抑制機能についてです。水稲箱育苗の環境は病害が発生しやすく、農薬を使わない有機育苗には難しさがありました。ところが、実績のある有機稲作農家では、育苗期に病害の発生がない技術が確立されていました。その技術的ポイントはそれぞれの農家が独自に熟成させた堆肥等を用いて調整する育苗土にあるようだとの見通しを立てて、病害抑制に成功している東日本の11戸の農家から育苗土を提供いただいて研究を進めました。ご提供いただいた育苗土は素材、熟成方法はそれぞれに異なりましたが、病害抑制効果についてはほぼ同様な効果が認められました。研究では育苗土の微生物的構造に注目して、病害抑制機能のある生物群をおおよそ特定できました。さらにそれだけでなく、病害抑制には育苗土の微生物の多様性の役割も大きく、それらは環境変化等では容易には壊されない堅牢性(ロバストネス)をもっていることが確認されました。

微生物群集の多様性とその堅牢性が病害抑制に強い機能を有するという認識はこの研究結果の一つの核心でした。しかも、そうした独特な機能をもつ育苗土は有機稲作においては「特殊かつ特定のもの」ではなく、素材もそれぞれで熟成方法もそれぞれなのに、共通した機能を発揮しているようなのです。これらの点は有機農業技術の特質としてとても重要だろうと考えられます。今後の研究のいっそうの展開が期待される成果と言えます。

第2のテーマは有機農業の土づくりの成熟の指標的把握についての研究でした。端的に言えば土づくり進展度合いの指標化です。

この研究では、有機質肥料としてごく普通に使われている米ぬかを取り上げて、土づくりの程度によって、米ぬかの分解性は顕著に異なるという現象を突き止め、そのことの微生物生態的なメカニズムを解明しました。別の言い方をすれば土による米ぬかの消化力の解明と判定です。

米ぬかは有機質肥料としてとても有用ですが、脂肪が多いため施用初期には分解し難く、分解過程では作物の発芽や生育を阻害する物質が生成されることがあるなど、使用に当たっては注意を要するものでした。こうしたなかで研究推進の背景には、有機農業が続けられてきた畑では、米ぬかは、迅速に分解消化され、問題も起こらずに使用されているという経験的事実がありました。

この研究では、現場でのこの事実確認を踏まえて、そこに微生物生態的な独特なメカニズムの形成がありそうだと考えて研究を開始しました。その結果、有機農業の土づくりを重ねてきた畑では、ほぼ共

通してプロテアーゼ活性が高いという特徴があることが確かめられ、さらに、そこにはプロテアーゼ生産機能を持つ微生物群集が形成されていることもほぼ確認することができました。また、プロテアーゼ活性が高い土壌では、土壌の理化学性についても改善されている傾向にあることが確認できました。このプロテアーゼ活性に関わる機能改善は、有機農業と同様の土づくりを進めている環境保全型農業でもほぼ共通に認められることも解りました。

ただし、プロテアーゼ活性に関するこれらの知見は、限定された地域から採取した土壌の解析によって得られたものであり、すべての土壌について常に普遍的に認められるか否かについては今後の検証が必要となります。例外的なケースなども含め、より広い地域を対象にした詳細な研究を進めていくことが大切です。

第3のテーマは、有機栽培畑土壌では土壌線虫の生態に独特の構造があるという見通しからの研究でした。研究の初期の段階では、畑によって有害線虫の生息密度にはかなり明確な違いがあることが確認されました。しかし、その違いを有機栽培・慣行栽培で直ちに区分することは、研究手法上も難しかったため、線虫に着目したより詳細な研究の前段階として、有機栽培畑における線虫も含めた土壌小動物の生態的特性の把握に取り組みました。研究対象は長期間除草剤を使わず無施肥での管理を続けてきたりんご園としました。そこでは線虫、ダニ、トビムシなどの土壌小動物の生息数が慣行栽培の園と比較して有意に多いことが確かめられました。また、新しい実験手法を導入して土壌中の全DNA量を定量し、土壌中の微生物量を推定しました。既存の知見から、全DNA量が有機農業圃場の生物的特性把握の有力な指標になることが期待できます。

長年除草剤を使用しないりんご園では、自然な雑草草生が継続されてきました。現地での多面的な測定で、この環境が土壌中の植物遺体を増加させ、それが微生物の増殖に繋がり、また、土壌小動物も増加させるという連鎖があることも確認することができました。

園地における自然再生の序列としては、まず雑草草生による有機物の蓄積があり、それが土壌微生物の増殖を育み、微生物を餌とする土壌動物の多様な生息につながり、それらの連鎖が園地の生産的安定性を生み出すと考えることができます。これらの現象の詳しい検証は今後に残された課題となっています。

第4のテーマは、自然農法によるりんご栽培園についての技術的検証でした。

この研究では、弘前市の現地園の栽培管理を詳しく把握し、現地園と気象条件等が類似している盛岡市の農研機構研究センター内に現地園の栽培管理法に忠実に従った模倣試験園を設定して、7年間にわたる追跡調査を行いました。その結果、模倣試験園では病害虫による落葉が著しく、転換7年目になっても、収量・品質は著しく劣り、自然農法の汎用は困難と判断されました。

しかし、現地園自体に関しては、この追跡模倣園よりも生育はよく、落葉もある程度抑制されていて、収量は低位ながらある程度確保されており、品質にも独特なものがあることが確認されました。また、現地園のリンゴ葉の葉面微生物の調査で、葉面には独特の微生物生態系がかたちづくられていることが確認できました。

この研究では、周辺の有機 JAS 認定農家での調査も実施しました。そこでは、さまざまな技術的工夫の積み上げによって、収量・品質がともに市場出荷の水準に達しており、これからは有機 JAS 認定農家への技術支援が有効であるといえます。

本資料集で報告した研究成果はおおよそ以上のもので、いずれの課題についても当初の研究目的はほぼ達成できたと判断しています。この中で、とりわけ特徴的であることは、これらの異なる複数の課題の新しい研究成果が、内容的には相互に関連しあっており、全体として有機農業技術の体系性を浮き彫りにするものとなっていることです。

農地に付加される有機物の受け入れと分解能、その継続の中で出現していく微生物等の多様性とその堅牢性、畑の雑草草生が作り出す土壌生物の多様性、それらの連鎖の中で有機農業の安定した

生産性が徐々に形成されていく。このような営みが、本研究で実証され、また示唆される重要な認識群だと考えられます。これらの認識は、有機農業という限定した場面だけでなく、農業一般を考える上でもたいへん刺激的な問題提起となっていくと考えられます。本プロジェクト研究における、これらの成果を踏まえた一層の研究推進が強く期待されるところです。

第1期、第2期と継続された本研究がこのように多彩な研究成果を生み出し、そこに個別の知見に加えて有機農業技術の本質解明に向かう体系的な認識が示されてきたことは大きな成果だったと思います。そうしたことが実現できたのは、何よりも、現地にすでにしっかりとした有機農業の実践の積み重ねがあり、本研究がそれらの実践に寄り添い、その支援を得ながら進められたからにほかなりません。ご多用の中、快くご協力いただき、私たちに様々なことを懇切にご教示くださった有機農業農家の皆さんに深く感謝します。

最後になりましたが、このプロジェクト研究の第1期開始から第2期終了まで、9年にわたり外部評価委員を勤めてくださった茨城大学名誉教授中島紀一様ならびに住友化学(株)アグロ事業部開発・マーケティング部技術顧問牧野孝宏様に全てのプロジェクト担当者を代表し、お礼を述べたいと思います。お二人は、農業全般に対する深い造詣と有機農業への情熱をもって、私たちプロジェクト担当者を「叱咤激励」し続けてくださいました。有機農業の奥深さに気後れし、立ち止まってしまいがちな私たち研究者をある時は厳しい言葉で叱り、そしてある時は暖かく励まし、このプロジェクトが進むべき方向を常に照らす明かりをともして下さいました。プロジェクトの成果をこうしてマニュアルと技術集として皆様のお手元に届けることができるのも、外部評価委員のお二人のご指導があってこそです。本当にありがとうございました。

プロジェクト推進リーダー(農研機構中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域長) 後藤 千枝

目次

有機農業の広がりと深化のために—有機農業技術資料集・まえがき—

i ~ iv

委託プロジェクト「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」概要

1. 年次計画 1
2. 実施体制（課題担当者一覧） 2~3
3. 研究目的 4
4. 研究成果 4~5
5. 今後の課題 6
6. 研究成果一覧 6~8

農研機構におけるこれまでの有機農業研究 9~10

第1章 有機農業を安定的に営農するための生産技術体系

第1節 暖地水田二毛作を対象とした雑草防除技術、土壌管理技術の検討と経営評価

1. 水稲後露地野菜の有望品種と定植時期 1-1~1-4
2. 露地野菜の施肥法 -マルチを被覆する栽培体系での施肥法 1-5~1-6
3. パン用小麦と水稲の二毛作体系での施肥法 1-7~1-8
4. 水稲+露地野菜二毛作における堆肥連用の影響 1-9~1-11
5. 現地実証における水稲+露地野菜の経営評価 1-12~1-14
6. 小麦葉齢を指標にした有機麦作の機械除草の効果的な実施時期 1-15~1-18
7. 要約 1-18

第2節 高冷地における有機レタス栽培技術

—高冷地露地レタスを対象とした病虫害防除技術、土壌理化学性改善手法の検討—

1. 背景 2-1
2. 病虫害対策と施肥の基本的な考え方 2-1
3. 主要病害の発消長調査とその防除法 2-1~2-7
4. 重要害虫に対する物理的、生物的防除法 2-8~2-14
5. 圃場の理化学性改善方策 2-15~2-23
6. 経営評価 2-24
7. レタス栽培において発生する主な病虫害《病害》 2-25~2-28
《虫害》 2-29~2-31
8. 関連成果（1）レタスすそ枯病の発生生態 2-32~2-36
（2）レタス立枯病の発生生態 2-37~2-39
9. 要約 2-39~2-40

第3節 アブラナ科植物のすき込み等を利用したハウレンソウの有機栽培技術

—施設ハウレンソウを対象とした生物的土壌燻蒸効果の安定と維持のための適正な圃場管理技術、栽培技術の検討—

1. 背景	3-1
2. 基本的な考え方	3-1
3. 作付け計画	3-1
4. カラシナのすき込みによる土壌消毒	3-1～3-4
5. ダイコン残渣のすき込みによる土壌消毒	3-5～3-10
6. 藻類の抑制と投入有機物の工夫等によるハウレンソウケナガコナダニ管理技術	3-10～3-17
7. 要約	3-17

第2章 有機農業を特徴づける指標の策定

第1節 水稻の有機栽培育苗土に特徴的な微生物相と病害抑制効果

1. 課題の背景・目的	4-1
2. 試験方法	4-1～4-2
3. 結果と考察	
(1) 有機栽培育苗土の病害抑制効果	4-2～4-3
(2) 有機栽培育苗土の土壌理化学性の解析	4-3～4-4
(3) 有機栽培育苗土の微生物多様性と環境変化に対する堅牢性の解析	4-5～4-6
(4) 有機栽培育苗土からの病害抑制活性を有する細菌の分離	4-6～4-7
(5) 有機栽培育苗土から分離した細菌施用による植物免疫の活性化の解析	4-7～4-8
(6) 有機栽培育苗土由来の培養可能な細菌の混合施用による病害抑制効果の解析	4-8～4-9
(7) 自作のもみ殻堆肥のイネもみ枯細菌病抑制効果	4-9
4. おわりに	4-10
5. 要約	4-10

第2節 有機栽培の安定化に対応した生物的指標の抽出・策定

1. 課題の背景・目的	5-1
2. 試験方法	5-1～5-2
3. 結果と考察	
(1) 有機物投入履歴の異なる現地圃場における米ぬか培養法を利用した窒素供給量評価	5-2～5-3
(2) つくば市内露地野菜農家圃場における調査事例	5-4
(3) 土壌管理履歴の異なる農家圃場における調査事例	5-4
4. 要約	5-4～5-5

第3節 リンゴ有機栽培実践園における病害虫発生抑制機構の解明と生物指標を用いた圃場評価法の開発

1. リンゴ有機栽培実践園の病害虫防除体系を再現した試験圃場における病害虫発生抑制要因の解析	
(1) 課題の背景・目的	6-1
(2) 試験方法	6-1～6-2

(3) 結果	
1) K園摸倣区における病害発生状況	6-2～6-3
2) K園摸倣区における虫害発生状況	6-3～6-4
3) 樹体生育および果実品質	6-4
4) 食酢の病害防除効果	6-4～6-5
5) マシン油の発芽前1回散布のナシマルカイガラムシに対する防除効果	6-5
6) 果実袋のシンクイムシ類に対する防除効果	6-5～6-6
7) 果実袋の種類が果実病害の発生程度に及ぼす影響	6-6
(4) 考察	6-7～6-8
2. リンゴ有機栽培実践圃における生物指標を用いた圃場評価法の開発	
(1) 課題の背景・目的	6-9
(2) 試験方法	6-9～6-10
(3) 結果	
1) K園の病害発生状況	6-11～6-12
2) K園リンゴ葉面微生物相の年次及び季節変動の特徴	6-12～6-14
3) 自然栽培リンゴ園における病害抵抗性の品種間差異とリンゴ内生菌の分析	6-14～6-15
4) K園に特徴的な <i>Pseudomonas</i> 属細菌の動態	6-15～6-17
(4) 考察—K園に特報的な葉面微生物	6-17
3. 要約	6-17
第4節 有機栽培や自然栽培の農家圃場を検出する生物指標作りを目指して	
—土壌生物相に対する除草剤使用の影響解明—	
1. 課題の背景・目的	7-1
2. 試験方法	7-1～7-3
3. 結果	7-3～7-7
4. 考察	7-7
5. 要約	7-8

索引