



有機農業をはじめよう！

有機農業実践講座 柑橘・茶栽培 資料集

# 有機農業実践講座 柑橘・茶栽培

日 時:2015 年 9 月 25 日(金)13 時～26 日(土)12 時  
会 場:静岡県男女共同参画センター(あざれあ) 2 階大会議室  
(静岡市駿河区)  
現地見学:村上園(静岡市清水区、村上倫久氏のミカン・茶園)

主 催:NPO 法人有機農業参入促進協議会  
後 援:静岡県、静岡市



## 有機農業実践講座～柑橘・茶栽培～ 開催にあたって

NPO 法人有機農業参入促進協議会が主催する柑橘を中心とした常緑果樹の有機農業実践講座は、佐賀県、愛媛県、和歌山県と主要産地を東進し、今年はお茶も仲間に入れて静岡県で開催することになりました。

実践事例の発表と意見交換を中心に回を重ねるごとに、土づくりや堆肥、味や収量、病害虫対策、雑草対策、販売や経営など、壁とされていた問題や課題を突破した事例を多く知ることができました。

今年の講座では、柑橘に加えてお茶の栽培も対象にし、新たに基調講演も加えました。基調講演の講師には、農研機構北海道農業研究センターの池田成志主任研究員をお招きします。池田氏は、有機農業や持続的農業の基本となる「土壌微生物と植物」の試験研究の国家プロジェクトのリーダーとしてご活躍されています。このプロジェクトは、研究開始から5年になりますが、有機農業の推進を後押しする最前線の研究成果をご紹介いただく予定です。

本実践講座では、柑橘やお茶の実践者をパネラーに迎え、事例発表をしていただきます。また、基調講演とパネルディスカッションを通して、有機農業を取り巻く最新情報を共有できるように企画しています。生産者の皆様には、リスクを最小限に抑えて有機農業にチャレンジできる情報を持ち帰っていただける講座を目指しています。

有機農業に興味を持っているが実践はまだまだと思っている人達を中心の参加対象に、行政機関の研究者や担当者、流通関係者などの参加を期待し、講座のいろいろな学習や交流の場を通して、有機農業の最新情報を共有し、素晴らしい出会いの場になることを期待しています。

最後に、開催にあたって地元関係者をはじめご尽力いただいた皆様に、この場を借りてお礼を申し上げます。

平成 27 年 9 月 25 日  
NPO 法人有機農業参入促進協議会  
副代表理事 鶴田 志郎

# 目 次

開催にあたって

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| プログラム .....                               | 5  |
| 植物共生微生物と農業（池田成志） .....                    | 7  |
| 賢い農業のための「光生態学のすすめ」（池田成志） .....            | 16 |
| 有機栽培圃場における植物共生微生物の特性（池田成志） .....          | 18 |
| 植物共生科学の新展開と農学研究におけるパラダイムシフト（池田成志ほか） ..... | 20 |
| 古くて新しい農業資材・炭の賢い活用法について（佐藤文生） .....        | 29 |
| 有機柑橘栽培の安定生産に向けた取り組み（菊池正晴） .....           | 35 |
| 土づくり・隔年交互結実で有機ミカンの安定生産（菊池正晴） .....        | 36 |
| 健全な土・樹づくりによる有機中晩柑作（菊池正晴） .....            | 41 |
| 自然との共生による有機ブランドのミカン作り（佐藤 睦） .....         | 44 |
| 独自の技術を駆使し大規模有機ミカン作を実現（佐藤 睦） .....         | 47 |
| 低投入・無農薬で高収益柑橘経営を実現（早藤義則） .....            | 51 |
| 自然循環を考慮した茶栽培（村上倫久） .....                  | 54 |
| 有機栽培の深蒸し茶を栽培・製造・販売（岩澤克彰） .....            | 57 |
| 鶴田有機農園の概要 .....                           | 61 |

## ■参考資料

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 耕地生態系を支える構成要素と機能 .....      | 65  |
| 耕地生態系の機能を高める有機栽培技術の基本 ..... | 77  |
| 果樹の有機栽培実施上の課題と対応策 .....     | 92  |
| 茶の有機栽培技術 .....              | 97  |
| 有機農業の研修受入先をご紹介します .....     | 101 |
| 有機農業の経営指標をご提供ください .....     | 103 |
| 有機農業に関する相談の問い合わせ先 .....     | 106 |
| 「有機農業実践講座」開催のご案内 .....      | 108 |
| 有機農業果樹・茶講座 開催一覧 .....       | 109 |



# プログラム

## 第1部 シンポジウム

於：静岡県男女共同参画センター（あざれあ）2階 大会議室

|             |                      |                                                                          |
|-------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 13:00～13:30 | 開会式 あいさつ             | 鶴田 志郎<br>（有機農業参入促進協議会<br>副代表理事）                                          |
|             |                      | 町口 和彦氏<br>（農林水産省生産局農業環境<br>対策課 課長補佐）                                     |
|             |                      | 伊代住 浩幸氏<br>（静岡県経済産業部農林業局<br>農山村共生課）                                      |
| 13:30～15:00 | 基調講演<br>「植物共生微生物と農業」 | 池田 成志氏（農研機構・北海<br>道農業研究センター）                                             |
| 15:00～15:10 | 休憩                   |                                                                          |
| 15:10～16:25 | 事例発表                 | 菊池正晴氏（愛媛県八幡浜<br>市）、佐藤 睦氏（佐賀県鹿島<br>市）、村上倫久氏（静岡県静<br>岡市）、岩澤克彰氏（静岡県<br>菊川市） |
| 16:25～17:30 | パネルディスカッション          | コーディネーター：鶴田 志郎<br>パネラー：事例発表者                                             |
| 17:30～17:40 | 閉会あいさつ               | 有機農業参入促進協議会                                                              |

## 第2部 情報交流会

於：静岡県男女共同参画センター（あざれあ）1階 レストランあざれあ

|             |       |
|-------------|-------|
| 18:00～20:00 | 情報交流会 |
|-------------|-------|

### 第3部 現地見学会

於：静岡市清水区

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
| 8:30        | 静岡駅北口 集合・出発（自家用車の駐車場は各自で） |
| 09:30～10:30 | 村上倫久氏農園（静岡市清水区、ミカン・茶）     |
| 10:40～11:00 | 農業構造改善事業をした原地区ミカン園（慣行栽培）  |
| 12:00       | 静岡駅着解散                    |

※希望者を対象に、静岡駅近くで、13時まで意見交換を行います。

#### 集合解散場所（JR 静岡駅北口）



# 植物共生微生物と農業

北海道農業研究センター・池田成志

## 1. 緒言

近年、農業の国際競争力強化のためのブランド化や海外産の農産物・食料品に対する不信任感、消費者の安全・安心を求める需要等から、国産農産物、特に差別化商品の創出のために特別栽培や有機栽培が注目され始めている。しかしながら、これらの栽培法による国内の農産物生産が大きく増加しているわけではない。これは、主に生産者の方々の努力により減農薬や減化学肥料、あるいは無農薬・無化学肥料での作物栽培のために必要な一定の技術が開発されてはいるが、現状では未解決の問題も多く、特別栽培や有機栽培の栽培面積や生産者数の拡大のためには科学的な視点からの現状の技術の改善や新規の技術開発が必要であると思われる。そのための思案の1つとして、本稿では従来の農業技術では活用が不十分であったと思われる微生物や光環境に注目することの重要性について議論してみたい。これらの環境要因は様々な植物の形質に与える影響が非常に大きい可能性を持つが、一方で研究者にとっても人間の五感で直接感じるできない環境要因の重要性について研究することは大変困難で勇気が必要とされるからである。

筆者の専門分野は植物に共生する微生物の研究であるが、本稿では自分の専門分野を中心に、できるだけ生産者の方々の今後の栽培現場の改善に役に立つ形で、筆者が過去5年間の（有機）農業の研究分野で知り得た若干の知見について紹介したい。

## 2. 微生物分析手法の進歩

従来の土壌微生物多様性の分析手法としては、微生物（群）の有機物を分解する能力を測定するバイオローグ法や、土壌中の微生物群の遺伝子をバーコード状に情報化する DGGE 法や T-RFLP 法のような DNA 多型解析法等がある。いずれの手法も農耕地や作物、農産物等に含まれる微生物の多様性を評価するためには不十分な方法であるが、他に適当な方法がないということで農業微生物研究者が無理をして使ってきたというのが実情である。特に、バイオローグ法は技術的に大変不安定で問題点が多いこともあり、微生物研究の一手法としての価値は認められるが、一定の科学的結論を下す手段としては適切な方法ではないと指摘され（Preston-Mafham ら、2002 年）、現時点（2014 年）で土壌微生物の多様性評価には殆ど使われていない技術である。また、最近の農業微生物研究に良く使われてきた DGGE 法も技術的な不安定性があり、かつ、環境中の微生物の莫大な多様性に対して得られる情報量は全く少ないので、実務的には利用価値が少ないことは専門家の間では知られていた。他の微生物性診断技術としては、土壌酵素活性の測定や培養法による菌数測定等があるが、これら技術もバイオローグ法や DGGE 法と同様で、大変不安定な技術である上に、得られる情報量も大変少なく、農業環境中の微生物情報については研究者も曖昧な形でしか説明できなかった。以上で紹介したいいずれの分析方法でも結果の解釈については、「科学的には意味不明」というのが実情であり、土壌の化学分析のように得られた結果から農業生産性向上のための処方箋を作成することはほぼ不可能である。したがって、生

産者が高い分析費用を支払って上述のような分析の依頼を行う意義は殆どないと思われる。

一方、最近の数年間における遺伝子分析技術の急速な発達により、現時点でようやくではあるが、土壌や植物に、どのくらいの種類の微生物が、どのくらいの量で存在するのか、という畑の微生物の多様性に関する疑問に答えられる時代になりつつある。20年前と比較すると、同じコストで得られる微生物情報が10万～100万倍に増えており、数年以内に土壌の化学分析と同様なコストと時間で生産者個人の発注で土壌の微生物診断が可能になると筆者は考えている。このような技術発展は農業や農学における従来の概念や方法論等に大きな影響を与え、植物を中心に考えられてきた農業・食品（研究）のスタイルを今後大きく変える可能性がある。例えば、微生物分析を通じた土壌や作物の健康診断技術の開発、土作りの科学化、堆肥の科学的評価、微生物を利用した農産物の産地識別やトレーサビリティ、栽培から収穫後の微生物制御を通じた農産物・醗酵食品の品質管理や高品質化等が可能になると考えられる。従来までは「できたらいいな」という夢の話として語られてきたことが可能になりつつある、「農業版ドラエもん」の時代が到来したように思われる。即ち、農業・食品産業は、農耕地や食品中の有用微生物の探索や活用などを通じた微生物バイオテクノロジーを中心技術として再考されるべき分野だと筆者は考えている。このような背景から今後は民間企業と連携して、生産者の土作りや栽培管理技術の参考になるような、実務業務向けの堆肥や土壌、作物、農産物・食品等の微生物診断システムの開発を行いたいと考えている。

### 3. 有用微生物研究の経緯と現状

初期の農業微生物研究では、有用微生物の圃場への定着促進や微生物の有用機能の発現誘導を期待した、キチン等のような農業資材の圃場への投入等による土壌微生物相全体の改変等に重点を置いた研究が多くなされた。しかし、このような研究は微生物接種源の準備や資材投入量・コスト等の負担が大きいこと、効果が不安定なこと等の理由から実用化が困難であった。次に、土壌中での有用微生物の安定的な環境として根圏が注目され、根圏微生物群の中からの有用微生物の選抜が多数試みられた。残念ながら、このような研究においても圃場レベルでの微生物資材や微生物農薬等の実用化は容易ではなかった。以上のような失敗の歴史は、環境中には膨大な数の微生物が環境中に存在していることが明らかにされている現在の微生物学から考えれば当然の帰結である。即ち、農業微生物研究者が無数の微生物が生息する土壌や植物等から偶然分離培養できた極僅かな微生物群の中から、さらに偶然にも素晴らしい有用微生物が選拔できるほど世の中は甘くはなかったのである。さらに、根圏微生物の活用にも失敗した研究者達は、環境微生物との競合を避けて有用微生物の植物への確実な定着と機能発現が期待される微生物群として植物組織内に共生する微生物（エンドファイト）の利用に注目した。

しかしながら、現在研究されている多くの有用エンドファイトも実際の農業現場で使いものになっているとは言い難いのが現状である。上記の一連の農業有用微生物利用の歴史の失敗の第一の原因としては、研究室内で分離培養され、選拔されてきた有用微生物が現実の農業環境に最適な微生物ではなかったという可能性がある。第二の原因としては、仮に農業現場に適した有用微生物が分離されたとしても、微生物を使えば、「いつでも、どこでも、期待した効果が出る」、と思い込んでしまった研究者（人間）の考え方や使い方に問

題があると筆者は考えている。エンドファイトのような有用微生物は作物に散布さえすれば、あとは畑で人間のために働いてくれると考えることは筆者には楽天的すぎるように思われる。国際的に見ても、日本を含めた主要な先進国では農業における近年の有用微生物研究は閉塞状態にあり、高い実用性を示す研究は殆ど発表されていないのが現状である。それでは、どうすれば有用微生物を効率手に見つけ、効果的にそれら有用微生物を実際の農業現場で活用できるのだろうか。

筆者の提案としては、第一に、農業生産に強い影響を持つと思われる植物組織に共生する有用微生物の研究（共生微生物学）、第二に、牛や豚にエサを与えて適切な世話をするように、施肥管理や栽培管理を通して有用微生物が能力を十二分に発揮できる環境の研究（共生栽培学）、第三に、有機物利用能が高く、有用微生物との共生能力の高い作物育種（共生育種学）の3点であり、これらが持続的な農業を進めるための肝だと考えている。即ち、減農薬や減化学肥料、あるいは無農薬・無化学肥料栽培を科学的に行うためには、微生物の力（自然の恩恵、環境サービス）を最大限に活用することが求められるが、生産者は微生物の力を十二分に発揮させるための環境を提供する必要があると思われる。具体的には、畑の排水性・保水性や温度等の管理（物理的環境）、投入する肥料や堆肥を含めた土壌改良資材の種類と量等の施肥管理（化学的環境）、光環境を意識した栽培管理等を賢く制御することが農業生産のための有用微生物資材の効果的な活用や、土着の有用微生物の機能を環境サービスとして最大限に利用することにつながると考えられる（図1）。

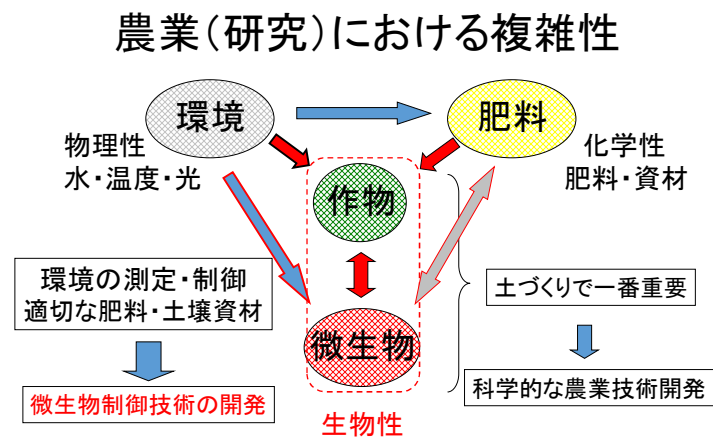


図1. 共生系の制御を通じた持続的農業の概念

#### 4. 植物共生の生態学的意義

現代微生物学では、乳酸菌等のヒト共生細菌が栄養分の吸収促進や生理活性物質の生産、様々な病気の発生の抑制等を通してヒトの健康維持に重要であることは既に広く知られている。アメリカでは Human Microbiome Project (HMP) と呼ばれるヒトに共生する微生物相の全容解明が国家プロジェクトとして進められており (<http://commonfund.nih.gov/hmp/>)、これまでに 600 種以上のヒト共生細菌のゲノム解析や 7000 万配列以上の 16S rRNA 遺伝子の解析、それらに対応するメタゲノム解析等が進められ、これらのデータ解析からヒトや動物の健康維持における共生微生物の重要性の詳細が解明されつつある (Proctor, 2011)。これらの研究の中においても、特に興味深い結果の1つは、同じ地域で生活をしている家族の中でも腸内に共生している微生物の多様性には類似性が少ないという事実である。これは同じ地域で同じような食生活をすれば、似たような共生微生物の多様性になるのではないかと多くの研究者の期待に合わない結果であった。腸内微生物の多様性は家族内でも個人によりバラバラであることや、大人になってから腸内微生物

の多様性を大きく変えることが困難なこと等から、離乳食後の一定期間の食生活が腸内微生物の多様性に反映され、個人の特徴として固定されるのではないかと筆者は考えている。おそらく作物でも同様であり、幼苗時に共生した微生物がその後の作物の生育に大きな影響を与えることは十分に考えられる。「苗半作」という言葉の中には、育苗時に有用微生物を共生させるということも含まれるように思われる。そのように考えると、持続的農業を目指す場合は有用微生物の共生に適した栽培環境（光条件や施肥条件等）を整えることが重要なように思われる。

一方、植物共生微生物については、後述するような技術的な問題もありヒトの共生微生物のような網羅的な研究は非常に遅れているが、共生微生物の重要性自体は植物科学・農学においても広く認識され、主として農業利用を目的とした微生物資材や微生物農薬等の研究としては長い歴史がある。植物における共生微生物の存在意義を大きく要約すると以下の3点になる。

1 番目は、土壌からの養分吸収のための共生微生物の重要性である。数億年前に植物が水域から離れて乾燥した陸地に進出した時点では、植物が利用しやすい形の土壌は地球上には無かったと考えられており、陸生植物が土壌から養分を吸収するためには微生物との共生が必須だったと思われる (Redecker et al., 2000)。共生微生物には窒素、リン酸、硫黄、鉄等の植物への養分吸収を促進する機能がある。これらの中で特に、窒素については土壌中や植物に共生する窒素固定細菌が空中窒素を土壌中や植物組織中に固定して、土壌を肥沃にし、作物の生産性を向上する大きな要因となる。普通の草地や牧草地等では植物の根圏を中心にして年間反当り 2~3kg 程度の窒素量が土壌中に固定されると言われているが、この細菌による窒素固定は大量の化学肥料の施肥により阻害される。したがって、大量の化学肥料の使用を抑えることが窒素固定有用微生物の効果的な活用のための 1 つの必要条件であるが、化学肥料を使わないというだけでは細菌による窒素固定は大きくは進まない。細菌が生きていくためには窒素だけではなく、炭素がより多く必要とされるが、土壌中に窒素固定細菌が利用できる炭素源は非常に少ないからである。動植物を含めて多くの地球上の生命体について重要な主要元素は一般的に炭素、窒素、リン、硫黄等の順番で必要とされるが、植物は自分で光合成して炭素を自給できることから、普通の化学肥料には微生物が利用可能な炭素成分は含まれていないか、含まれていても大変少ない。これが化学肥料の施用のみでは農耕地生態系が崩壊していくことの主要な原因の 1 つであると考えられる。微生物資材や微生物農薬を利用しようとしても、当該有用微生物が栄養分を獲得できなければ農耕地環境中で増殖できない。逆に、有用微生物が利用できる炭素源の供給があれば、空中窒素が土壌に固定され、大気や雨、土壌等の環境中の希薄なリンや硫黄等の他の養分についても微生物を通して土壌中への蓄積・濃縮が進むと考えられる。この土壌微生物のための炭素源となり得るのが堆肥や有機質の肥料、土壌改良資材であり、それらの施用が土壌への窒素固定を中心にした各種養分の土壌への蓄積を促進し、土壌を肥沃にすることにつながると筆者は考える。以上のような背景が、完熟堆肥の施用だけでも、それなりの農業生産が可能になる理由であると思われる。環境微生物には炭素や窒素等の物質循環能があり、それらの養分が微生物を通して農耕地環境中でできるだけ多く循環させることが持続的農業に結びつくと考ええると分かりやすい。

一方、植物の根は有機物を分泌し、それらの分泌物が炭素源となり雑草や作物の根圏で窒

素固定が起こる。水稻栽培だと土壌だけでなく、田面水中で光合成微生物の活動ともリンクして窒素固定が行われる。この場合、窒素だけではなく、炭素も水田環境に供給・蓄積され、これらの物質の循環や蓄積が水田土壌の持続的利用を可能にしている大きな要因だと考えられる。したがって、雑草や光合成微生物を死滅させる除草剤や化学肥料の使用は微生物による水田や畑土壌への炭素や窒素の蓄積を抑制し、環境サービスの大きな低下をもたらすと考えられる。以上から、有用微生物の機能を活用するためには、特に窒素肥料と除草剤の使用量を控えることが重要であると考えられる。

植物共生微生物の 2 番目の重要な機能は、植物の病害を防除・軽減する機能である。作物の病害防除に貢献する有用微生物の機能として、病原菌の生育を抑制する、あるいは植物の持つ抵抗性を強化する機能がある。これらの病害防除機能は基礎研究としては多数の報告があるが、実用的業現場での利用の試みは殆ど失敗に終わっている。そのような失敗の原因としては、上述のような有機物や化学肥料の施用のような栽培環境が植物と有用微生物・病原微生物の 3 者の相互作用に及ぼす影響や、後述する植物の有用微生物制御系から病原微生物が受ける影響等を考慮した微生物による病害防除研究が検討されていなかったこと等が考えられる。

3 番目は、植物を健康にする機能である。共生微生物は酵素や植物ホルモン等の生理活性物質の生産を行い、植物の代謝制御を通じた生育促進や物理・化学的な各種ストレスの緩和等の有用機能を持っている（Kim et al., 2011）。さらに、従来の研究では検討すること自体が難しかった「おいしさの科学」も共生微生物の研究から紐解かれつつある。

以上のように多様な微生物との共生は宿主生物に機能的多様性を付与することを意味する。実際に、植物を含めた真核生物の祖先は 3~4 種類の細菌類の共生体と推定されており、現代生物学では共生は生物の飛躍的進化の原動力と考えられている。このような微生物との共生は宿主生物に「宿主生物単独では不可能なことを可能にさせる」という機能的多様性を付与することを意味する。上述の 1 番目と 2 番目の機能は化学物質で代替可能であるが、3 番目のような機能は容易に化学物質で代替でき得るものではない。また、我々の知らない「未知の共生微生物」の「未知の有用機能」も存在するはずである。

ヒトにおいても、欧米人の腸内には存在しない海藻を分解できる微生物群が日本人の腸内には共生していることが知られている。即ち、映画「X-MEN」のミュータントのように、研究者の想像以上に多様な微生物との共生を通して多様な代謝能力やストレス耐性等のヒトの機能を実際に改変できる可能性がある（リアル X-MEN）。同様に、植物共生微生物群の多様性や機能性の解明は農業に有用な微生物の研究をするための基盤的情報として非常に重要である。特に、化学肥料や化学農薬に依存しない有機農業においては、圃場に存在する有用微生物群の機能が養分吸収や病害防除において重要な役割を果たしているであろうことは容易に予想される。環境微生物の機能を見逃した特別栽培や有機栽培のための技術開発は有り得ないように思われる。

## 5. 減肥・減農薬だけではない共生微生物の重要性

微生物は多様な化学成分に対する高い代謝能力を持つことから、共生微生物が農産物の重要な風味の形成に関わっていることが明らかになりつつある。多くの微生物が空気中から水分を吸収し、気体類をエサとして増殖する能力を持っている。このような能力を持つ



共生微生物が農産物の風味・食味、特に「おいしさ」のようなヒトの食品嗜好性にも大きな影響を与える可能性は十分にある。例えば、ワイン等の発酵食品の場合は材料に含まれている共生微生物が農産物の品質に直接的な影響を与える。実際に、幾つかのワインの芳香成分は共生微生物に由来しており、分離培養された共生微生物が試験管中でワインの香りを生産することが報告されている。普遍的に植物に共生する *Methylobacterium* 属細菌については、イチゴの重要な芳香成分の生合成系に関与していることが報告されている。一方、これらの有用共生微生物群とは逆に、収穫後の農産物の病害や腐敗、悪臭や加工食品の変質の原因となる有害微生物の多くも植物共生微生物である。このような事実から考えると、圃場での栽培管理が共生微生物の影響を通して収穫後の農産物の貯蔵性や品質に大きな影響を与える可能性があることから、栽培現場だけではなく収穫後のフードチェーン等を含めた一次産業全体を意識した栽培管理技術の再考をすることが今後の農業（研究）において有益であるように思われる。パスツールにより証明されたように一般的な腐敗現象は微生物が原因であるので、適切に栽培された有機農産物が腐敗し難いというような現象は共生微生物相の多様性や有用機能の解明から比較的容易に説明できる可能性がある。

上述のような話が全て科学的に明らかになるには 10 年、20 年先の話である、と最近まで思われていたが、近年の微生物分析技術の進歩は目覚しく、事態は急展開しつつある。昨年、アメリカの企業と農務省の共同研究により、カリフォルニアワインのテロワールを微生物学的に解明するという大変挑戦的な論文が発表された。当該論文では、ワイン製造に使う品種、産地、ビンテージ等の違いに特徴的なブドウの房に共生する微生物を特定している。このような研究は、気象、土壌、栽培法、ブドウ、ワインの醗酵過程等の多様な分析をしても未だに解明されていない産地特有のワインの風味・おいしさを解明する切り札として注目されており、多様な環境因子が作用して最終的かつ直接的にブドウの醗酵過程に大きな影響を与える環境因子として微生物に着目したと言える。このような研究の展開は他の果樹類やお茶など、農産物の品質において風味が重視されている農作物では特に重要であると思われる。上述したように肥料や栽培管理で共生微生物が影響を受けるということを利用すれば、例えば、日本でも栽培管理を工夫すればカリフォルニアの Napa バレーと同様なブドウの微生物相を再現が可能となり、結果としてカリフォルニア以上の品質のワインを日本国内でも生産できることになるかもしれない。同様な概念は農産物や発酵食品全般に使い、農業や食品産業全体のパラダイムシフトに繋がる概念だと筆者は考えている。

## 6. 植物の有用微生物制御系

近年の植物共生科学の中で最も特筆すべき発見は、植物は有用微生物群と相互作用するための特別な微生物制御システムを持つことが解明されたことである（図 2）。しかも、この制御系は地上部組織が地下の根における有用微生物の感染を制御していること、植物による土壌の窒素濃度のセンシング系とリンクしていることが明らかにされた。即ち、植物は過剰な施肥などを感知すると、情報が上述の微生物制御系に入力され、有用微生物の感染が抑制されることが判明した。さらに筆者らの研究により、それらの影響は根圏などの地下組織だけではなく、葉や茎、果実等の地上部組織の共生系全体にも大きな影響を与え得ることが明らかにされた。これらの結果から、植物と病原微生物との相互作用も過剰施



肥の影響を受ける可能性があることは容易に想像される。化学農業を使わない有機農業では、有用微生物との共生を阻害する過剰施肥を避け、低投入を基本にした土づくりが重要なことを示しているように思われる。特に、果樹類では組織の深部まで農薬を効果的に浸透させることは困難であり、共生微生物の存在は一年生作物とは比較にならないくらい病害の防除や軽減において重要であると思われることから、果樹園の施肥管理は一年生作物以上に重要であり、注意を払うべきだと思われる。

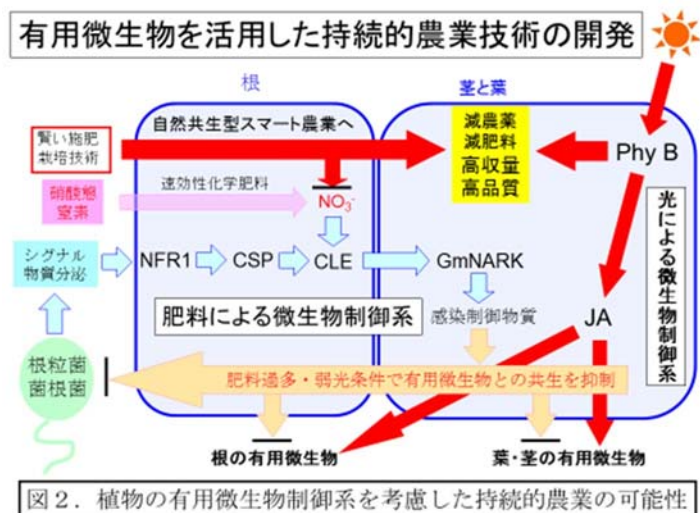


図2. 植物の有用微生物制御系を考慮した持続的農業の可能性

## 7. 農業微生物研究における光環境の重要性

根粒菌と植物の共生において光の質が重要であることが最近報告され、光環境が共生微生物に強い影響を与えることが明らかにされた。即ち、マメ科作物は光受容体であるフィイトクロム B（動物の目に相当する蛋白質）を通して日向の光（R/FR（赤色/遠赤色）比が高い光）を受けると、ジャスモン酸の生合成系の活性化を通して根粒菌や菌根菌等の有用微生物群との共生を促進する。逆に、他の植物の葉の下に位置することで日陰の光（R/FR 比が低い光）を受けると、マメ科作物は根粒菌や菌根菌との共生を拒否し、代わりに植物の細胞分裂や細胞伸長を促進する植物ホルモンが生合成され、結果として R/FR 比の高い日向の光を求めて植物が背伸びをする（徒長する）。

この R/FR 比は重要な環境情報として、フィトクロム B を通して作物の形態や色、多くの病虫害抵抗反応、農産物の品質等に大きな影響を与えることが知られており、農業の重要な「ツボ」の1つのように思われる。また、上述のような知見は、農業現場において植物や微生物の有用機能を十分に引き出すためには、現在の慣行栽培ではあまり注意を払われなくなった畝の方向や株間の距離等についても丁寧に検討して適正な光環境を確保する必要があることを示唆している。実際に、関東地域の有機稲作では慣行栽培よりも株間を広く取る疎植が栽培技術として定着しており、好適な光環境によりイネや共生微生物が持つ有用機能を上手に使っているように思われる。さらに、一年生作物における畝の方向に関する研究では、好適な栽培環境においては南北畝、不良な条件では東西畝において生産性や品質の向上が見られる傾向が報告されている。大変興味深いことに、一般に東西畝が南北畝よりも圃場の群落中の R/FR 比が高くなることが知られており、上記のような畝の方向に関する多くの研究結果は不良環境における光質の確保の重要性を示唆している。光の量だけではなく質が重要である点に注意が必要である。

上記のような R/FR 比に関するもうひとつの重要な生態学的な視点は夕日であると考えられる。一般的な人々の持つ夕日のイメージは水平性に沈む赤い日の丸であると思われるが、このイメージの中に2つの重要な情報がある。1つは、日中の太陽よりも赤い夕陽は、夜の訪れを知らせ、植物の夜間の代謝の方向を決める重要な情報になることが基礎的な研

究から示唆されている。それらの研究結果をとりまとめると、一般論としては日没前に R/FR 比の高い光が当たると、夜間に光合成産物は果実や根部に積極的に利用されると考えられる。一方、日没前に R/FR 比の低い光が当たると、光合成産物は茎葉のために利用されやすくなると考えられる。野外において、植物は横から来る光（朝陽・夕陽）を茎の光受容体を通して感知し、情報として活用できることが報告されており、朝陽は生産性、夕陽は病害虫抵抗性や果菜類・根菜類の品質に大きな影響を与えられると思われる。以上のような知見から、農作物の種類により最適な光環境は異なってくると思われるが、一般論としては農業を使わない有機農業では夕陽が良くあたる環境が望ましいと思われる。光環境が微生物との共生にも大きな影響を与えることを考えると、本圃の光環境を変えることは困難でも、育苗段階だけでも好適な光環境が得られる場所を確保し、環境中の有用微生物との共生を促進することは大変重要なように思われる。人の腸内細菌と同様に、生育初期に共生した微生物を栽培の途中で入れ替えることは大変困難である。所謂「苗半作」という言葉の重要性の中には無意識のうちに共生微生物の重要性も含まれているのかもしれない。

野外において、空は明るい夕陽が直接見えないような立地条件は日没前に R/FR 比の低い光が当たる場所になると思われる。そのような場所では、畝の方向、栽植密度、より丁寧な病害虫管理等の工夫が望まれ、栽培作物の選定も葉茎野菜や牧草等を中心にするのが生態的には合理的であると考えられる。「適地適作」という言葉も農業では何気なくよく使われるが、朝陽・夕陽の有無は適地を決める非常に大きな環境要因であると筆者は考えている。

## 8. 有用微生物の新たな機能解析

このようなことを言うと、筆者の頭がおかしいのかと思われるかもしれないが、実は植物の茎が光ファイバーになっており、葉で受けた光が根の先端にまで到達しているという研究が国内外で報告されている。さらに、植物の根にも動物の目に対応する光受容体タンパク質が存在することも報告されており、土壌中の光環境の存在や重要性を示唆している。以上のような知見から、光る根に集まる土壌微生物というような世界もあってもおかしくはないというのが筆者の見解である。土壌中の光環境というものを想定すれば、不耕起栽培は地表を有機物で覆い土壌への光を遮蔽する栽培法というような見方も可能のように思われる。さらに、果樹栽培では株元に炭を散布する生産者も存在する。炭の表面施用が地表面の落ち葉や枯れ枝のような堆積物の代わりとなり、土壌表面の光環境を制御して根や土壌微生物の機能を制御するという可能性も考えられる。実際に、農研機構の有機農業の研究成果から上述のような土壌表層の光環境の重要性を示唆する研究結果が報告されている。以上のように農業（研究）には未だ検討されていない、従来の知識や経験からのボトムアップ型の考え方や研究では想像し難い、新しい概念へのブレークスルーをもたらす余地が非常に大きく残されていると考えるべきである。想像をたくましくすれば、ひょっとすると、炭を土壌表面に散布しただけでモグラやネズミ、ミミズのような動物の土壌中の動きも大きく変わるかもしれない。

## 9. 終わりに

本稿で紹介したような施肥や光等の環境条件と共生微生物相との関係を慎重に検討する

ことにより、農業現場での有用微生物の効果的な利用技術の開発が今後は期待できるかもしれない。本稿で紹介したような知見を活用することにより農耕地生態系の微生物相を改善し、環境微生物の有用機能を環境サービスとして最大限に活用することが、化学物質の投入を最小限にした持続的農業生産活動の基本の1つとなるのではないだろうか。従来までの農業や農学では、植物微生物複合体の中の作物部分しか注目しておらず、共生微生物の存在は無視されてきた。そのような植物中心の農業や農学は、特に植物栄養学や肥料学の分野で顕著であるが、農業における共生微生物の重要性を強く否定することにもつながってきた。一方で、農学は工学や理学に比べて完成された学問というには程遠いレベルにあり、「農学栄えて農業滅ぶ」とまで揶揄される状況にある。また、農業現場には多くの「科学的には説明できない不思議な現象」が存在し、同時に「科学的根拠のない怪しい資材や農法」が横行しているのが現状である。このような状況に陥った大きな原因の1つが本稿で紹介してきた共生微生物研究の遅れに起因しているのではないだろうか。農業現場では現代農学が説明できない多くの不思議が存在することは多くの有機栽培の生産者が感じていることだろう。また、慣行農業においても不思議なことや分からないことも多く存在する。例えば、畑に投入した肥料は半分程度しか作物に吸収されておらず、残り半分の肥料は行方不明というような話が肥料学の常識になってしまっている。そもそも様々な農産物のおいしいとされる産地の成立条件についても科学的な説明は殆どないように思われる。従来の多くの農学研究者は、このような説明のつかない部分に対する科学的考察を放棄してきた（いる）が、上述のような「農業の不思議」というパズルを埋めるための大きなピースの1つが共生微生物であると考えられる。

最近の農業の政策や研究では、IT化やロボット化の導入が「スマート農業」のような捉え方がなされつつあるが、これらの基本技術の開発は海外の方が進んでおり、さらに、これら技術の導入は海外の大規模生産地でより効果的であると考えられるため、国内農業の国際競争力の強化にはつながらないように思われる。また、IT化やロボット化自体がコストやエネルギーの新たなインプットを要求し、これらの技術だけではトータルに考えると持続的農業にはつながらないように思われる。植物や微生物の生理・生態を理解し、それらを上手に利用した栽培・育種技術を思案していくことが、言葉遊びではない本質的な「スマートアグリカルチャー」につながると筆者には思える。これは、「大切なものは、目にみえない」という狐の言葉のとおり、微生物や光のような「目に見えないもの」（栽培環境）をもっと意識することが現代農業においても重要なように思われるからである。目に見えないものを対象とすることは立派な顕微鏡や分析装置が使える現代の研究者にとっても、その効果を信じて研究するには大変な勇気が必要になる。しかしながら、本稿で紹介したような新たな視点からの研究は有機栽培における多くの疑問点を解決し、現代農業の常識を新たに再考するための糸口になる可能性がある。本稿で紹介したような共生微生物の理解と活用から、従来の常識を越えた新たな農業技術や農学研究の展開への扉が開かれることを期待したい。

農研機構・池田成志先生の

# 賢い農業のための 「光生態学のすゝめ」

植物共生微生物分野で注目される池田先生の最新研究成果をご紹介します。



北海道農業研究センター芽室研究拠点

## 農業における光環境

筆者は作物と微生物の関係に影響を与える環境要因として光と土壌の2つの環境要因に注目しているが(図1)、現状では光環境の生態的な理解と農業利用は大変不十分だと感じている。したがって、今後の新農業技術の開発のためのヒントになることを期待して、本稿では農業における光研究の重要性について、従来までの研究事例と私の私見を紹介させて頂きたい。

農業環境における光環境として重要な波長は主として、紫外領域から近赤外領域である。紫外領域はさらに、UVBとUVAに区別される。UVBは作物の形態形成や色素生産等の形質に強い影響を持つことが知られており、さらに最近の研究では、葉面上の微生物多様性の制御を通して病原体の増殖を抑制する機能を持つことも示唆されている。このUVBはガラス等を透過すると非常に大きく減少することが知られてお

り、所謂「温室育ち」の作物はなぜ病虫害に弱いのか、ということの科学的説明につながる。

## 夕陽に農産物をおいしくする 可能性があるかも？

日本の民間企業の研究者が、北海道の生産者から「夕陽がトマトをおいしくする」という話を聞いて、これが本当なのか科学的に検証した例がある。朝陽と夕陽は日中の光(白色)と比べると赤い。これは太陽から地表面に水平方向から光が来る朝と夕方は、波長の短い光(青～緑)が空中のホコリ等により弾かれ、結果として波長の長い光(赤色～赤外光)がより多く地表面に到達するからであると説明されている。夜よりも昼間の方が空中のホコリの量が多いことから、夕陽は朝陽よりも赤く見えると説明されている。上記のメーカーは植物工場内の白色光下で栽培したトマトに光照射時間の最後に夕陽を真似て赤色光を少し照射すると、ト

マト果実に含まれる糖分やビタミン含量が増加することを発見している。

上記のような夕陽の潜在的な有効効果は日没前の夕陽が良くあたる圃場でよりおいしい農産物ができる可能性を示唆している。また、圃場西側への夕陽の効果を示唆するような、圃場の東西両端での作物の生育の違いも報告されている。お得意様に贈呈する農産物は、夕陽の良くあたる圃場の西側付近から取れたものが良いかも、と言えるかもしれない。さらに、夕陽の光の質や継続時間は緯度や季節により大きく異なる。実際に、上記のメーカーが北海道(余市町)と本州(浜松市)で夕陽を測定したところ、予想通り、R/FR値は北海道で高く、本州中部で低かった。Rは赤色光(Red、600～700nm)、FRは遠赤色光(Far Red、700～800nm)を意味する。このR/FR値が農産物の形質・収量や品質に非常に大きな影響を与えることは花卉園芸分野では良く知られた事実である。夕陽の継続時間は、国内では夏場の北海道あたりの地域が夕陽の継続時間も一番長くなる。また、夕陽の来る方向を考えると畝の方向も大事なように思われる。栽培密度が高い場合は東西畝の方が南北畝よりもR/FR値は高くなることが明らかにされ、水分環境の良い圃場では南北畝が、強い乾燥ストレスを受けるような環境条件の悪い圃場では東西畝が良いことが示唆されている。

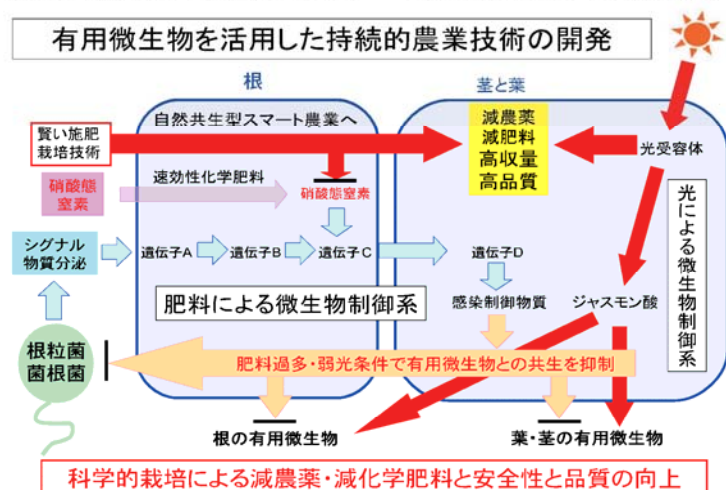


図1. 有用微生物との共生を通じた持続的農業の可能性の概念図

## なぜ夕陽なのか？

赤い光が、それも夕陽が朝陽以上に重要だと筆者が考える幾つかの理



由はあるが、紙面の都合から本稿ではR/FR値の高い光が有用微生物との共生を促進し、共生を通じた生育促進や病害防除の可能性があることだけ強調しておきたい(図2)。日没直前の光環境は作物の代謝方向を決めるための非常に重要な信号であり、作物が日没時に真っ赤な夕陽を浴びることは作物を健全にするために、大変重要なことのように思われる。図2に示すように、光環境の変化は作物体内の植物ホルモンのバランスの変化を引き起こす。この図のような関係から、良い光条件下の作物は共生微生物により生産された植物ホルモンを利用して病害虫抵抗性とバイオマスの増加の両方を可能にしているのではないかと筆者は考えている。ただし、肥料の過剰施肥により有用微生物との共生は阻害されるので、有用微生物からの恩恵を環境サービスとして受けるためには、光と施肥について適切な栽培条件を整える必要があると考えられる。

#### 光生態学的新農業技術の開発を目指して

上記に加えて、筆者は土壌が関係する2つの光環境要因に注目している。1つは土壌表面の光環境である。よく新聞紙上等で「赤土で栽培した～」というような農産物の紹介記事を見かけるが、土は赤い色の光が土壌の表面で反射している。即ち、赤土は赤い色のマルチと似た効果があるはずである。このような考えに基づいて、マルチ等を利用して地表付近の光環境を制御し、農産物の生育や品質への影響評価を試みた研究例がいくつかある。

ニンジンでは黄色・白色のパネルの使用で、βカロチンとアスコルビン酸含量の増加が報告されている。イチゴでは赤色マルチの使用で果実重、香り、甘み等が増加したとされている。さらに、トマトでは赤色マルチで収量や果実重が増加したとの

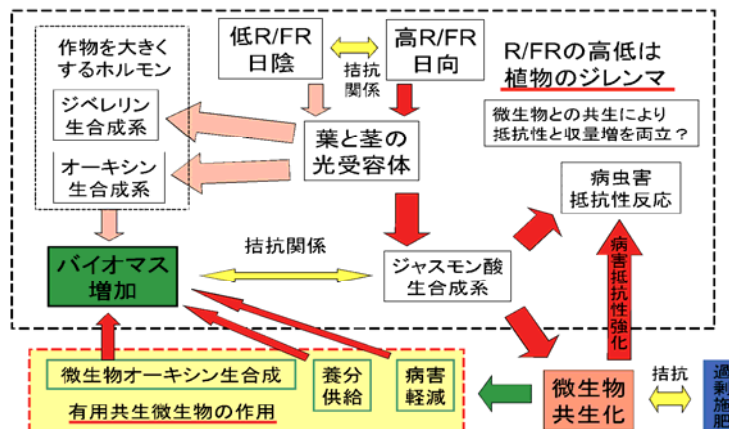


図2. 光環境を中心とした持続的農業の可能性の概念図

報告がある。面白いところでは、ダイコンの味が青色マルチでは辛く、緑色マルチでは甘くなるという研究例もある。残念ながら、以上のようなカラーマルチの効果は不安定なため、広く技術が普及するには至っていない。これは、作物の収量や品質は、光条件だけではなく、施肥や水分条件等の他の環境要因の影響も大きく受けるためであると思われる。さらに、人が認識するマルチの色は可視光領域であるが、可視光領域や赤外領域の反射率も製造法等で大きく変化するため、マルチ表面からの反射光の質の違いも大変重要であると考えられる。

上記のような知見から、ハウス等の施設栽培や育苗、露地でのトンネルやマルチ等でも使い方を思案する余地は多くあるように思われる。実は、作物は茎組織の光受容体で地表面付近の光環境を敏感に察知していることも明らかにされている。このような事実は、作物が横からの光（朝陽・夕陽）を大変重要な光情報として使っていることを示唆しているように思われ、マルチ等からの反射光等は横からの光環境を効果的に変えることにつながると考えて良いと思われる。

2つめの「土壌中の光環境」については、筆者の頭がおかしいのかと思われるかもしれないが、本稿では紙面の都合から割愛した。従来にはない農業的に大変面白い光の世界が土壌中にあると考えているので、納得してもらえるように後日に機会を改めて丁寧に紹介できればと思う。

#### 最後に

本稿で紹介した光に関する研究事例は殆ど海外で論文発表されたものであり、残念ながら同分野の国内での研究は大変遅れている。現在、筆者の研究グループで上述のような研究の確認をしつつ、従来の常識を越えた夢のある農業研究を進めていけばと考えている。らでいっしょぼーやの生産者の皆さんとも情報交換や協力を頂き、新しい農業の展開をさせて戴きたいと思います。今後ともどうぞ宜しくお願い致します。

#### Profile プロフィール



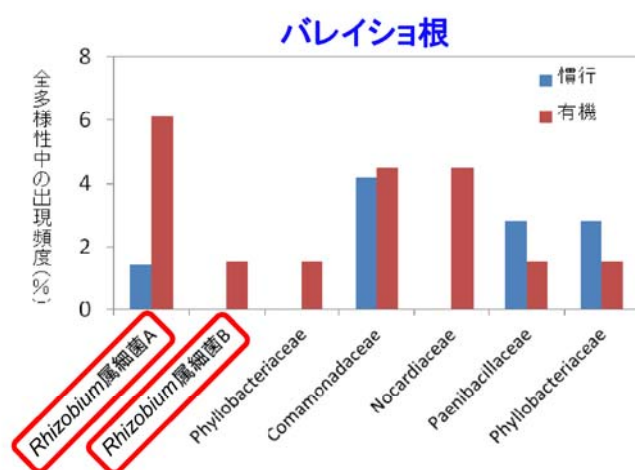
池田 成志先生  
Seishi Ikeda

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター芽室研究拠点 畑作研究領域 主任研究員  
大阪府出身。1995年近畿大学大学院農学研究科博士後期課程終了。コーネル大学、筑波大学、東北大学等での博士研究員を経て、2009年から現職。植物共生微生物分野に精通し、各地での講演および農業技術普及に尽力している。

## 有機栽培圃場における植物共生微生物の特性

### 目的と特徴

- ・微生物が有機農産物の健全な生育や病害耐性等に及ぼす影響を評価するため、有機農業環境の微生物特性を明らかにしました。
- ・作物の生育や抵抗性誘導などと高い関連性があると考えられる作物体内の「共生微生物相」に見つかった特性です。
- ・特徴的だった微生物を詳しく研究することで、有機農産物の機能や特徴理解に繋がる可能性があります。また、有用な微生物を利用しやすくなる可能性があります。
- ・このような微生物を指標として有機栽培圃場を微生物学的に評価できる可能性があります。

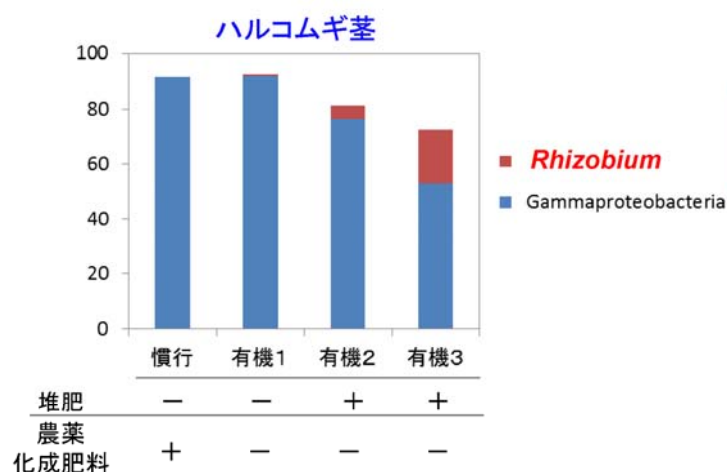


有機および慣行栽培したバレイショ根内の共生細菌群集比較

**有機栽培作物には  
*Rhizobium*属細菌がより多く共生している！**

#### *Rhizobium*属

多くの根粒菌が属する菌群。マメ科に根粒を形成して空中窒素固定を行い宿主に窒素を供給する。マメ科以外の多様な植物にも広く共生し、生育促進効果を示すことも多いことから、指標微生物として活用可能。



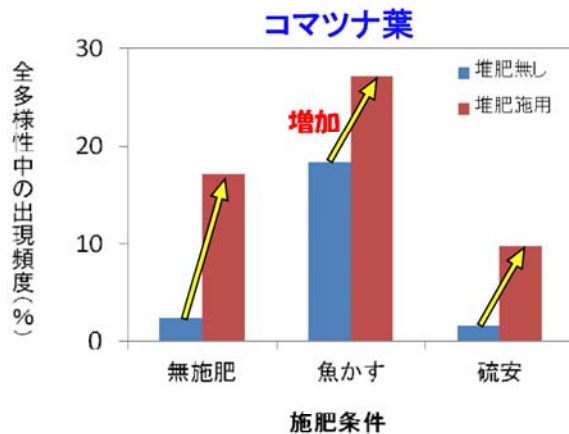
ハルコムギの茎に共生する細菌相の特徴

*Rhizobium*属細菌は堆肥施用の有無に鋭敏に反応！

**堆肥の施用により  
*Rhizobium*属細菌の共生が増加する！**

### 成果

- ・有機栽培作物に共生する細菌群には、「*Rhizobium*属細菌の割合が多い」特徴がある。
- ・*Rhizobium*属細菌は、堆肥施用の有無に大きく影響を受け、多くなる傾向。堆肥を活用することにより、有用菌の共生を増やせる可能性がある。



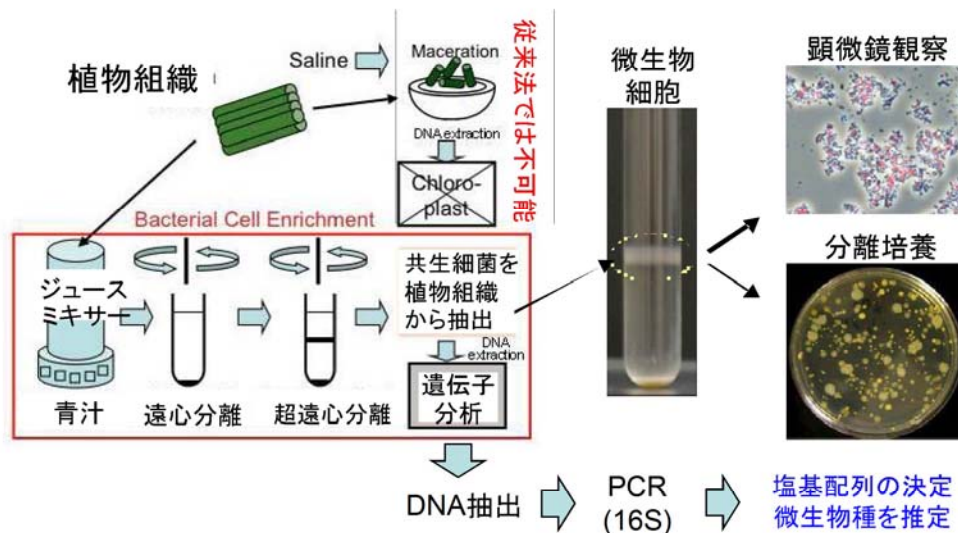
コマツナ葉内の共生細菌に占める*Rhizobium*属細菌の割合

施肥条件にかかわらず、堆肥の施用によって*Rhizobium*属細菌の共生が増加！

堆肥を有効活用することによって有用菌の共生を増やせる可能性

**研究のキーポイント！**

- ◆ 作物体内に共生する微生物群集に着目！ ➡ 作物の生育や病害耐性と関連する可能性
- ◆ 共生微生物を取り出し、解析するためのキーテクを開発！



対象作物、普及対象

- ・ 畑作物、全国

対象農家

- ・

必要な道具

- ・

関連HP

その他

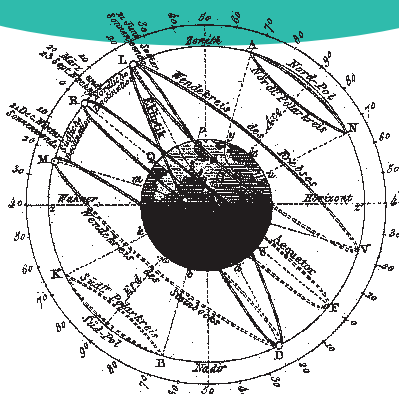
- ・

委託プロジェクト研究（省資源プロ）

平成25年3月 農林水産省農林水産技術会議事務局研究統括官室



## 【解説】



# 植物共生科学の新展開と農学研究 におけるパラダイムシフト

池田成志<sup>\*1</sup>, 鶴丸博人<sup>\*2</sup>, 大久保 卓<sup>\*2</sup>, 岡崎和之<sup>\*1</sup>, 南澤 究<sup>\*2</sup>

植物共生科学は植物と共生微生物（群）の相互作用の解明を目的とする基礎科学であるが、当該分野の進歩は生命科学の幅広い諸分野に大きな影響を及ぼす。本稿では、植物共生の生態学的意義について解説した後、有用微生物の探索・選抜や機能解析、微生物ゲノム解析の進歩、植物における有用微生物制御系の発見、植物共生系の網羅的分析技術の開発、施肥条件や光環境を通じた共生微生物制御、共生科学的視点からの「おいしさ」の科学的解明などの最近のトピックスと、関連する応用科学分野での今後の新たな研究展開の可能性について私見を紹介したい。

## はじめに

共生（Symbiosis）とは、定義に混乱の見られることで有名な専門用語の一つであるが、広義にはドイツ人科学者である Albert Frank が 1877 年に最初に提案した「2種の生物が物理的に密接に関係している状態」と定

義され、狭義には「2種の生物間で相利共生的関係にある状態」と定義される。本稿では、病原微生物による寄生も共生の一部であるとした Anton De Bary に従い、広義の共生という立場で議論させてもらいたい<sup>(1)</sup>。多様な生態学的可能性を考えると、自然環境下における2種の生物間での相利共生的関係の有無について不用意に判断は下せないと思われるからである。さらに、「有用な共生微生物」として有名な菌根菌と植物の共生関係は、環境条件に応じて寄生的な関係にもなることが知られており、Johnson ら<sup>(2)</sup> により示されているような寄生と共生の連続性という概念を筆者らは支持するからでもある。植物共生科学は植物と共生微生物（群）の相互作用の解明を目的とする基礎科学であるが、当該分野の進歩は農学を含む生命科学の幅広い諸分野に大きな影響を及ぼす。たとえば、農業用微生物資材や微生物農薬の開発、共生微生物由来の生理活性物質の探索、植物共生系を活用した環境修復技術の開発、共生微生物を指標とした環境リスクアセスメント、食中毒細菌なども含めた食品微生物学、緑化促進技術の開発、微生物バイオテクノロジーなど、たいへん幅広い分野において植物共生や共生微生物に関連した技術開発が期待されている<sup>(3~8)</sup>。

New Waves in Plant Microbiology and Paradigm Shifts of Agricultural Research

Seishi IKEDA, Hirohito TSURUMARU, Takashi OKUBO, Kazuyuki OKAZAKI, Kiwamu MINAMISAWA, <sup>\*1</sup>北海道農業研究センター芽室研究拠点, <sup>\*2</sup>東北大学大学院生命科学研究科



本稿では、始めに植物共生の生態学的意義について簡単に解説し、つづいて当該研究分野における最近のトピックスと、それらに関連する応用科学分野での新たな研究展開の可能性を紹介したい。最後に植物共生科学研究の問題点と植物共生をキーワードとした農学や関連分野の今後の展望について私見を示したい。なお、根粒菌や菌根菌などの代表的な有用共生微生物や病原微生物、病害防除に関連する特定の共生微生物については、既報の総説を参照していただきたい<sup>(9~11)</sup>。

### 植物共生の生態学的意義

現代微生物学では、乳酸菌などのヒト共生細菌が栄養分の吸収促進や生理活性物質の生産、さまざまな病気の発生の抑制などを通してヒトの健康維持に重要であることはすでに広く知られている。アメリカでは Human Microbiome Project (HMP) と呼ばれるヒトに共生する微生物相の全容解明が国家プロジェクトとして進められ (<http://commonfund.nih.gov/hmp/>), 600種以上のヒト共生細菌のゲノム解析や7,000万配列以上の16S rRNA 遺伝子の解析, それらに対応するメタゲノム解析などが進められ, これらのデータ解析からヒトや動物の健康維持における共生微生物の重要性の概要が解明されつつある<sup>(12)</sup>。後述するような技術的な問題もありHMPのような網羅的な研究は非常に遅れているが, 共生微生物に関する重要性は植物科学においても広く認識されている。植物における共生微生物の存在意義を大きく要約すると以下の3点になる。1番目は, 土壌からの養分吸収のための共生微生物の重要性である。数億年前に植物が水域から離れて乾燥した陸地に進出した時点では, 植物が利用しやすい形の土壌は地球上にはなかったと考えられており, 陸生植物が土壌から養分を吸収するためには微生物との共生が必須だったと思われる<sup>(13)</sup>。2番目は, 植物を健康にする機能である。共生微生物は酵素や植物ホルモンなどの生理活性物質の生産を行い, 植物の代謝制御を通じた生育促進や物理・化学的な各種ストレスの緩和などの有用機能をもっている<sup>(14)</sup>。3番目は, 植物の病害を防除・軽減する機能である<sup>(11)</sup>。このように多様な微生物との共生は宿主生物に機能的多様性を付与することになる。したがって, HMPで試みられているように, 共生系に関与する微生物群の系統的・機能的な多様性は共生科学の基盤的情報として非常に重要であると考えられ, 植物共生系においても「Plant Microbiome Project」のような研究を今後展開する必要がある。

### 有用微生物の探索・分離・選抜・機能解析

植物共生微生物により植物の生育を促進させ, 減農薬や減肥料条件下で, 収量を維持する作物生産技術の開発研究が盛んに行われてきた<sup>(15)</sup>。このような有用微生物群のなかでも, 植物生育促進細菌 (Plant growth-promoting bacteria; PGPB) のもつ有用機能は細菌類の機能解析や植物との相互作用の解析が容易であることから, 非常に詳しく調べられている。有名なPGPBである *Azospirillum* 属細菌については, 過去35年の間に植物への有用機能だけでも20以上が報告されている<sup>(16)</sup>。しかし, 大部分のPGPB研究では, いくつかの“主要な有用機能”のみを調べて, それらが複合的に機能した結果, 植物の生育が促進されたのだろう, と推論している<sup>(17)</sup>。「主要な有用機能」とは, 窒素固定能, 難溶性リン酸溶解能, シデロフォア生産能, インドール酢酸 (indole-3-acetic acid (IAA)) 生産能, 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase 生産能, そして病原微生物への拮抗能など<sup>(17)</sup>である。窒素固定能, 難溶性リン酸溶解能そしてシデロフォア生産能は, 植物の窒素, リン酸そして鉄の養分吸収促進にそれぞれかわる機能である。また, 近年の研究から, 根圏のベータプロテオバクテリアに属するPGPB群, 特に *Variovorax* 属などの Comamonadaceae 科に属する細菌群が根圏において有機態の硫黄化合物からの脱スルホン化を促進し, 植物への硫黄吸収に非常に重要な役割をもつことも明らかにされている<sup>(18)</sup>。IAA生産能とACC deaminase酵素生産能は, 植物ホルモンを制御し, 植物の健康維持にかかわる機能である。植物ホルモンIAAには, 植物生育促進作用がある。植物が生産するエチレンは, ストレス条件下で植物の生長を抑制するが, 微生物の生産するACC deaminase酵素は, 植物のエチレン合成を阻害することにより植物生育促進作用をもつ。病原微生物に対する拮抗能は, 植物病害防除にかかわる機能である。近年の報告で注目されるのは, マメ科植物の根粒内から分離された植物生育促進微生物の報告<sup>(19)</sup>, 植物生育促進微生物のゲノム解析の報告 (後述のゲノム解析の項目を参照), そしてエチレン感受性変異体が獲得されている植物や, ACC deaminase遺伝子を欠損した微生物を用いて, ACC deaminase酵素の植物生育促進効果に関する報告などである<sup>(20)</sup>。

植物生育促進微生物は, 上述の主要な有用機能を複数もつ場合が多く<sup>(17)</sup>, 植物生育促進の原因を一つに絞ることが難しい場合が多い。また, 分類的に異なる系統間で類似した機能性をもつ場合も多く, 多くの有用微生物

について系統情報と機能情報の関係が判然としない場合が多い。このような状況のため、筆者らの調べた2009年以降で報告されているPGPBの分離論文では有用微生物のほとんどが *Pseudomonas* 属や *Bacillus* 属などの既知の有用微生物群であり、属レベル以上で新規なPGPBの報告はほとんどなかった。一方、それらとは対照的に、筆者らが最近検討したテンサイからの有用共生細菌の探索研究では、探索の効率と客観性を高めるために、ランダムに分離した数百株の細菌群について16S rRNA遺伝子配列情報を利用した多様性解析を行い、種レベルでクラスタリング後に得られた約50個の OTU (Operational Taxonomic Unit) についてスクリーニングを行った。その結果、科レベルでの新規の菌群を含む多数の有用微生物を容易に特定することに成功している (図1)。不思議なことに、このようなOTUベースの解析は従来の有用微生物の探索研究ではほとんど利用されていない<sup>(21, 22)</sup>。さらに、興味深いことに、これらの菌群には窒素固定、硫黄代謝、C1化合物代謝などの物質代謝に関係の深い菌群や、多様な化合物について高い代謝能をもつアルファ綱とベータ綱に属するプロテオバクテリアが多数分離された。テンサイはバイオマスが非常に大きくなるエネルギー作物であり、微生物による物質循環の促進が高いバイオマス生産を支えているのかもしれない。

## ゲノム解析

高速シーケンサーの普及により、ゲノム解読のコストが大幅に低減し、細菌であれば容易にゲノムが決定できる時代になった。データ解析ソフトウェアの利便性も向上し、アセンブルから遺伝子領域予測、遺伝子アノテーションまでの基本的な解析ができる。DDBJではDDBJ Read Annotation Pipeline (<https://p.ddbj.nig.ac.jp/pipeline/Login.do>) などの解析ツールが整備されており、誰でもゲノム解析をすることが可能な時代になった。

ゲノム解析により、有用微生物の研究の進展が期待されているが、植物生育促進にかかわる既知の遺伝子 (窒素固定や植物ホルモン合成など) は見いだされるものの、未知の生育促進因子を発見することは意外と難しい<sup>(23)</sup>。技術的な理由としては、自然界の細菌ゲノムのバリエーションと頻繁なゲノム再編成により、同種の近縁株でもゲノムの1割以上は異なっていることにある。たとえば、生育促進効果をもつ菌ともたない近縁株のゲノムの遺伝子レパートリーを比べれば、生育促進因子を

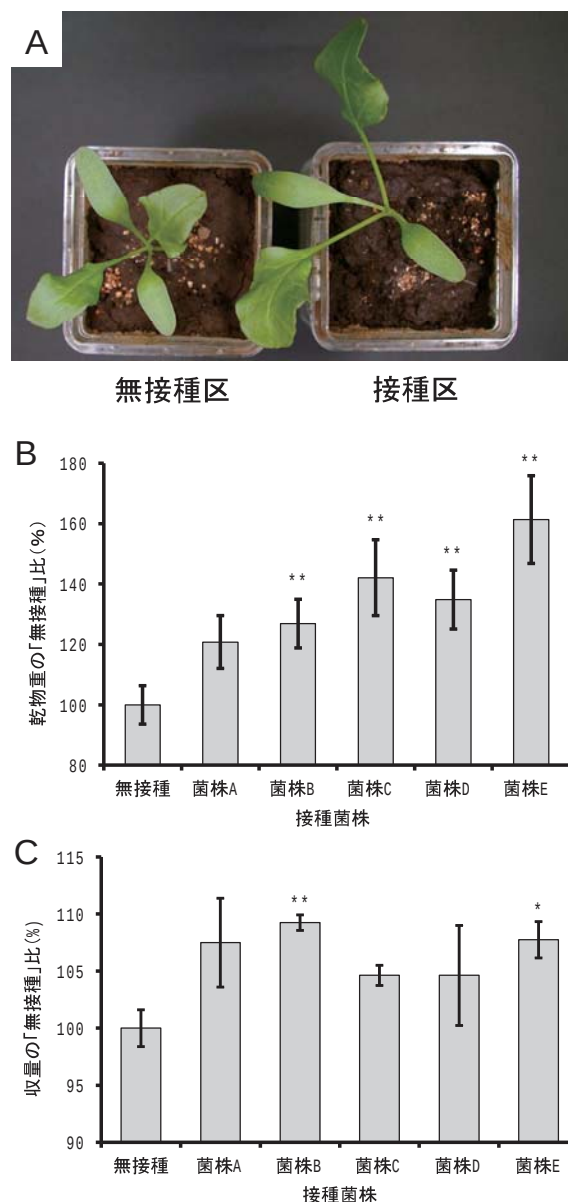


図1 ■有用共生細菌のテンサイへの接種効果

パネルA：テンサイへの有用細菌を接種約4週間後の様子。有用細菌接種区は地上部と地下部で、それぞれ73%と27%の生育量の増加を示した ( $N=3$ 個体の平均値)。パネルB：テンサイへの有用細菌接種による初期生育促進効果。接種約3週間後の乾燥重量を示す。グラフ中の縦線は標準誤差 ( $n=10$ ) を示し、\*\* は、1%水準で無接種に対して有意であることを示す。パネルC：テンサイへの有用細菌接種による増収効果。接種約6カ月後の収量 (テンサイの収穫部位である根部の重量) を示す。グラフ中の縦線は標準誤差 (1反復52個体からなる3反復の結果) を示し、\*\* および \* は、それぞれ1%、5%水準で無接種に対して有意に差があることを示す。

見つけることが可能のように思えるが、実際に見つかるのは、数百個の生育促進にかかわる可能性がある遺伝子の候補である。本質的な理由としては、大部分の環境微生物が難培養性であるという状況のなかで、現時点で研

究対象としている微生物(群)が本当に研究する価値があるのかという疑問も存在する。

一方で、主に土壌・根圏などに生息する *Agrobacterium tumefaciens* や *Rhizobium leguminosarium* のような植物共生細菌が驚くべきことにフィトクロムなどの光受容体をもっていることがゲノム解析を通して初めて明らかにされたように<sup>(24)</sup>、ゲノム解析は、既知の知識からのボトムアップ型研究では到達し難いブレークスルーをもたらすという期待も大きい。さらに、多数の菌株ゲノムとそれらの有用機能の比較解析<sup>(25)</sup>や、メタゲノム解析と合わせた植物共生系のデータベースの充実により、植物共生科学の飛躍的発展が期待されている。

### 植物における有用微生物制御系の解明

根粒菌や菌根菌は代表的な有用共生微生物群であるが、これら微生物群の研究から植物と微生物がいかにして共生関係を構築するのかという疑問に対する多くの知見がもたらされた<sup>(26)</sup>。これらの研究のなかで最も特筆すべきことは、マメ科植物は病原微生物を認識する場合とは異なる特別な情報伝達システムを使って有用微生物群と相互作用し、しかも根粒菌と菌根菌という生物学的に全く異なる2種類の有用微生物群の根組織への感染を同一のシステムを用いて制御しているということである<sup>(27)</sup>（図2）。たいへん興味深いことに、この有用微生物制御系は地上部と地下部の間で情報のやり取りを通して地上部組織（おそらく葉組織）で有用微生物の感染を制御している。さらに、この微生物制御系の非常に重要

な特徴は、植物による土壌の窒素濃度のセンシング系とリンクしており、植物が一定濃度以上の土壌窒素を感知すると、当該情報が上述の微生物制御系の途中から入力されることが明らかにされたことである（図2）。すなわち、植物の養分吸収と微生物制御にかかわる情報伝達系はリンクしているのである。上述の有用微生物制御系に関与する遺伝子群のホモログの一部は、菌根共生を行う非マメ科作物などのゲノムにも存在しており<sup>(28)</sup>、同様の有用微生物制御系が幅広い植物種に存在することが推察される。実際に、筆者らが、それらのホモログ遺伝子に変異をもつイネを圃場環境下で栽培したところ、生育不良になり、同時に、変異イネの根の共生細菌群集ではアルファプロテオバクテリアの割合が大きく減少した<sup>(29)</sup>。アルファプロテオバクテリアは多くの根粒菌や有用共生細菌が属する菌群である。本研究は、マメ科で明らかにされた図2のような有用微生物制御系の遺伝子が、非マメ科作物においても植物の生育や共生微生物相全体の制御に大きな影響を与えることを初めて明らかにした例となった。興味深いことに、上述のイネ変異体を人工気象機や温室などの制御環境下で栽培すると、植物の生育や微生物相に大きな変化は観察されず、このような植物と環境微生物(群)の相互作用の研究における野外環境の重要性も示唆された。

### 植物共生系の網羅的分析手法の開発

植物組織には根粒菌や菌根菌だけが共生するのではなく、顕微鏡観察などから植物体の表面や内部にはエビ

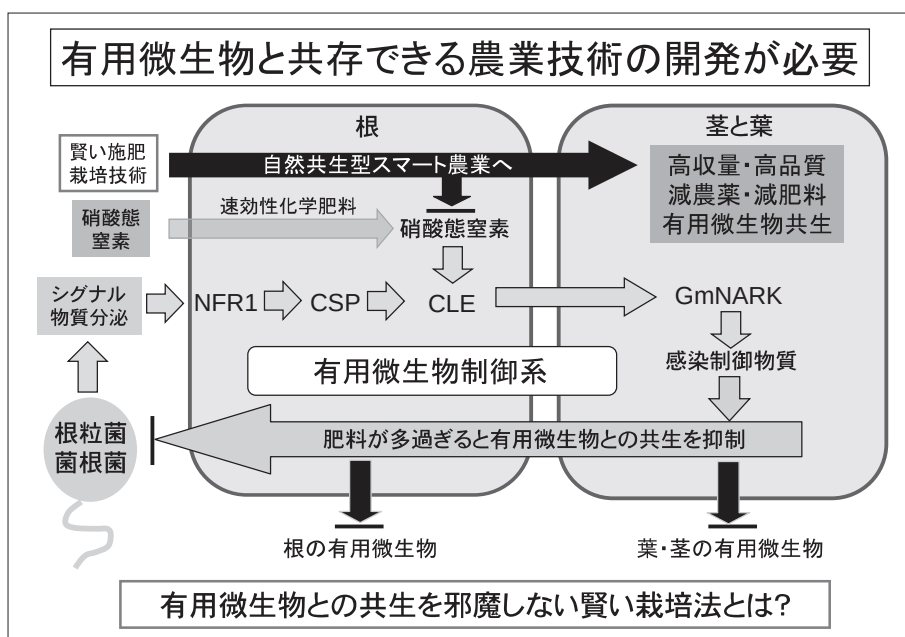


図2■植物の有用微生物制御系（概念図）

健全なマメ科作物は図中の有用微生物制御系などを通して根粒菌や菌根菌などの有用共生微生物の感染レベルを一定に維持している<sup>(26)</sup>。同様の制御系は、菌根感染する多様な作物にも存在すると考えられている。細菌（根粒菌）と糸状菌（菌根菌）が同一のシステムで制御されていること、土壌窒素などの土壌養分のセンシング系とリンクしていることなどが特徴である。図から、過剰な施肥などが根粒菌や菌根菌だけでなく、植物体全体の微生物相に大きな影響を及ぼす可能性が推察されている。



ファイト（植物の表面に生息する微生物）・エンドファイト（植物の内部に生息する微生物）と呼ばれる多様な微生物群が存在し、これらの微生物群を対象として農業環境における窒素やリンなどの物質循環促進、病害防除のための有用微生物の探索研究も長年にわたり行われてきた。しかしながら、このような研究の大部分は研究者の経験と勘を頼りにして土壌あるいは植物組織に生息する微生物を分離培養して行われたものであり、農業環境中で真に生態的に重要な微生物群が解析されているという保証はない。

現在の環境微生物学的な知見から農業環境における微生物の多様性の大きさを考えた場合、一般的な微生物培養法では物質循環や病害防除に関与する主要な微生物を特定することさえ困難であることは明らかである。近年の環境微生物学では微生物を培養せずに、環境試料から直接微生物DNAを抽出して微生物多様性解析やメタゲノム解析などを行うという環境DNA分析技術の利用が中心になっている。このような手法を活用すると、ヒトや動物の共生系も含めて多様な環境試料中の微生物群集の系統的・機能的多様性に関する定性・定量的解析が可能となる。しかしながら、技術的な理由から植物組織への非培養法の適用が困難であったことから、植物共生微生物相に関する群集レベルの研究は停滞し、特に地球上で莫大なバイオマスを占める植物の地上部組織の共生系については完全にブラックボックス状態であった<sup>(30)</sup>。

このような状況のなか、筆者らのグループは植物組織からの細菌細胞濃縮法を開発し、この手法の活用により初めて植物共生系について微生物群集レベルでの多様性解析や動態解析、さらに機能的な解析を加速させるメタゲノム解析を技術的に可能とした<sup>(31)</sup>。このような手法を通して任意の植物における共生微生物群集についての生態学的情報を活用することにより、有用な共生微生物の迅速かつ効率的な探索や選抜が期待される。さらに、従来の培養に基づく実験法ではほとんど不可能な研究であった、各種環境因子（土壌養分、土壌、気象、植物遺伝子型など）に応答する共生微生物群集の動態解析が可能となり、農業現場などにおける有用微生物（群）の安定的かつ効果的な利用や有害微生物のモニタリングなどについて、群集レベルでの実用的研究が可能となった。

筆者らは、上述の細菌濃縮法を利用してダイズへの窒素施肥の影響評価を行った<sup>(32)</sup>。その結果、過剰施肥は地下部だけではなく、葉や茎などの地上部組織の共生微生物相にも大きな影響を与えることが明らかとなった。具体的には、アルファプロテオバクテリアの割合が大きく減少し、対照的に、ガンマプロテオバクテリアなどの

割合が増加していることが示された。ダイズ根粒菌を含む多くの根粒菌はアルファプロテオバクテリアに属するが、上述の結果は、根粒菌や菌根菌の感染を制御するための有用微生物制御系が、過剰施肥条件下で根粒菌だけでなく植物の地上部組織に共生しているほかのアルファプロテオバクテリアにも大きな影響を与えていることを示しているように思われる。特に、植物への生育促進効果や病害防除効果をもつことが知られている、*Methylobacterium* 属や *Sphingomonas* 属、さらに *Aurantimonas* 属などのアルファプロテオバクテリアが窒素施肥に反応して大きく減少していた。このような窒素の過剰施肥により引き起こされる共生系の多様性の大きな変化が、過剰施肥による病害の助長の一因となっている可能性も考えられる。

一方、窒素過剰施肥されたダイズ茎組織では、*Enterobacter* 属のような主に腸内細菌群に類縁の菌群の割合が増加していた。日本国内では一般的には知られていない事実であるが、腸内細菌群、特に食中毒を引き起こす大腸菌やサルモネラ菌などのガンマプロテオバクテリアに属する多数の病原細菌群が植物組織に対して高い共生能をもつことが、アメリカやヨーロッパなどを中心に明らかにされている<sup>(8)</sup>。さらに、植物組織に内生能をもつエンドファイトとして報告されているガンマプロテオバクテリアの種は、動植物のいずれか、あるいは両方に対する病原性を有する細菌種として同定されているものが多い<sup>(33)</sup>。施肥管理が植物共生系のなかの動植物に対する病原性細菌群に大きな影響を及ぼす可能性があるということは農業生産だけでなく、収穫後の農産物や加工食品の品質や衛生管理の視点からも注目すべき点であるように思われる。

以上のように、肥料や農業資材の圃場への投与は作物の地下部組織だけでなく、地上部組織の微生物相にも大きな影響を与えることから、施肥管理などが地上部の病害や農産物の品質などに与える影響は今後の研究における重要な視点だと考えられる。

### 植物共生系における光環境の重要性

根粒菌の感染を制御する物質として光質が重要であるという論文が2011年に報告され<sup>(34)</sup>、共生系と光環境のリンクが明らかになった（図3）。すなわち、根粒菌の感染は植物がフィトクロムBを通して受容する光のR/FR（赤色／遠赤色）比が高いとジャスモン酸の生合成系の活性化を通して根粒菌の感染が促進される。逆にR/FR比が低いとジャスモン酸の生合成系が止まって根

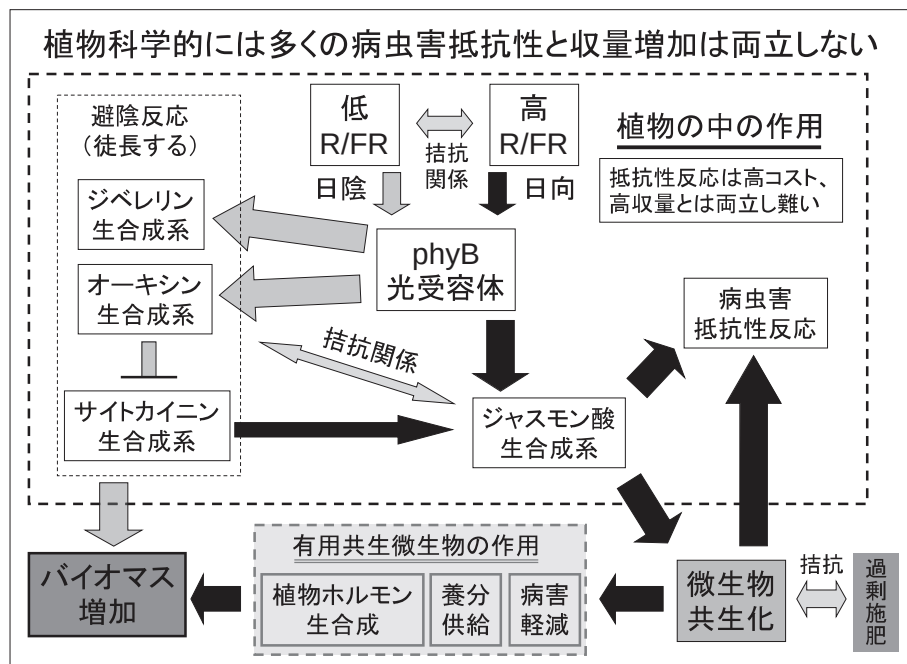


図3■有用微生物の共生化の生態的意義（概念図）

植物は日向ではR/FR（赤色／遠赤色）比の高い光を受けてジャスモン酸を介した病虫害抵抗性にエネルギーコストを投資する。一方、日陰ではR/FR（赤色／遠赤色）比の低い光を受けて細胞分裂や細胞増殖に関与する植物ホルモンを生産し、光を求めて徒長する。細胞分裂や細胞増殖に関与する植物ホルモンの生合成系（左側）とジャスモン酸（右側）の生合成系は拮抗関係にあり、植物体内では両方の植物ホルモン合成系が同時に大きく活性化されることはない。多くの共生微生物は細胞分裂や細胞増殖に関与する植物ホルモンを生合成する能力を有しているため、植物は共生微生物由来の植物ホルモンを受け取ることが可能である。

粒菌の感染が阻害される一方で、避陰反応が活性化され、植物の細胞分裂や細胞伸長に関与する各種植物ホルモンが生合成される。結果としてR/FR比の高い光を求めて植物が徒長する。従来は、日陰に生育する植物で根粒菌や菌根菌の着生が悪い原因は光量が少なく共生微生物に配分する光合成産物が少ないためと漠然と考えられる場合が多かった。実際には、光質が共生系を制御するための情報として重要であることが明らかとなったのである。R/FR比は重要な環境情報としてファイトクロームBを通して植物体内の多様な生理反応とリンクしていることが知られており、重要なものだけでも病虫害抵抗反応や植物体内の物質循環制御などに影響することがわかっている。

日向にいる植物はR/FR比の高い光を受け、ジャスモン酸の生合成系の活性化を通して多くの病虫害に対する抵抗反応を示すことが知られている<sup>(35)</sup>。逆に、植物が日陰のようなR/FR比が低い光環境にさらされると、上述したように植物はジャスモン酸の生合成系を止めて病虫害への抵抗反応を抑制し、避陰反応が活性化される。このようなシステムのなかで農学的に重要な点は、R/FR比により制御を受けるジャスモン酸の生合成系は多くのほかの植物ホルモン（ジベレリン・サイトカニン・オーキシンなど）の生合成系と拮抗するという点である。これらの事実は、植物科学的な視点からは、病虫害抵抗性の強化とバイオマスの増加の2つを同時に大きく進めることが難しいことを示唆しており、このような二者択一的な植物の生理反応は「植物のジレンマ」と

言われている<sup>(35)</sup>。

その一方で、多くの共生微生物がサイトカニンやオーキシンなどの植物ホルモンの生合成能をもっていることは共生科学の分野ではよく知られている。植物はR/FR比の高い光条件であっても共生系から植物ホルモンを受け取ることが可能である。実際に、微生物資材の開発研究では有用微生物を接種すると植物のバイオマス増加による生育促進効果が多数報告されており（図1）、それらの主要な要因は微生物由来のオーキシンなどの植物ホルモンであることが明らかとなっている<sup>(4)</sup>。また、生育促進効果と同時に、共生微生物の感染により植物の病害抵抗性が誘導・強化されることも多数報告されている<sup>(36)</sup>。すなわち、植物は共生系をバイパスとして植物ホルモンを受け取るにより、バイオマスの増加と病虫害抵抗性の強化の両立を可能にしうる。今後、根粒菌以外の有用な共生微生物群が、R/FR比やジャスモン酸とリンクした感染制御を同様な形で受けているかどうかなどについては検討する必要があるものの、上述のような推察は、「なぜ、微生物が高いコストを払って植物ホルモンの生合成を行うのか」という謎に対する一つの生態学的あるいは進化生物学的な意義づけとなりうる。また、R/FR比の高い光には、植物体内の炭素や窒素の物質循環パターンに影響して、果菜類のような農産物の糖分や窒素分に影響を与えるという報告もあり<sup>(37)</sup>、R/FR比を通じた農業環境の制御は、ここを押さえると多面的な有用効果が期待される重要な農業の「ツボ」の一つのように思われる。

## 肥培管理による共生微生物制御の可能性

今日までに、世界中で植物への生育促進効果や病害防除効果をもつ多数の有用微生物が探索・分離・選抜され、微生物資材や微生物農薬のような形で農業技術としての実用化が検討されてきた<sup>(3,4)</sup>。特に近年は、化石燃料の枯渇や地球温暖化、環境汚染などの諸問題から、微生物資材や微生物農薬は減肥料・減農薬を可能にする持続的農業生産技術として期待されている。残念ながら、これら有用微生物群のほとんどは実験室などの制御環境下で植物に接種すると有用効果を示すものの、圃場などの農業現場では効果の発現がたいへん不安定であることから、化学肥料や化学農薬を補完する技術にすらなっていない。農業現場での微生物利用は手詰まり感に覆われているのが現状である<sup>(38)</sup>。このような微生物資材や微生物農薬の効果の不安定性の要因は、これまで不明であった。しかしながら、本稿で紹介したような植物共生科学の最近の知見を活用し、施肥や光などの環境条件を慎重に検討することにより、圃場などの実際の農業現場においても共生微生物の有用効果の安定化や促進が今後は期待できるかもしれない。さらに、筆者らは、上述のような植物の有用微生物制御系(図2)を刺激しないような栽培技術の開発により、共生微生物の有用機能と施肥の両方の効果を相加的あるいは相乗的に生かせる次世代型の持続的農業生産システムの構築が可能になると考えている。このような概念に基づいた技術開発は、究極的には、農業環境に存在する(微)生物資源の有用機能の恩恵を環境サービスとして受けることにより、農産物の収量や品質を犠牲にすることなく、合理的な減農薬や減化学肥料を進めることが可能になるかもしれない。

以上のような考えから、実際の農業現場において共生微生物の有用機能も活用しうる栽培技術の一つとして、筆者らは緩効性肥料の活用とその多面的な有用効果の再評価を提案している。緩効性の窒素肥料を利用すると硫酸などの即効性肥料と比べて根粒形成の阻害が少ないことはよく知られており、緩効性の窒素肥料は有用な共生微生物に優しい肥料と言えよう。また、緩効性肥料による農産物の腐敗の抑制(貯蔵性の向上)や、土壌病害の防除などの効果についても報告されている<sup>(39)</sup>。これらの事実は、緩効性肥料の有する農耕地微生物生態系の改変機能を示唆しているように思われる。実際に、筆者らのグループでは、ある種の緩効性化学肥料が植物共生系の多様性に大きな影響を及ぼすことや、幅広い土壌病害に対する軽減効果をもつことをすでに確認している。このような緩効性肥料の多面的な有用効果の活用は次世代

型の持続的農業生産システムの構築に有効だと考えている。

## 共生微生物から考える「おいしさ」の科学的解明

共生微生物は植物由来の物質の代謝経路を改変する能力があることから、農産物や加工食品の「おいしさ」にも多大な影響を与えると考えても無理はない。すでに、共生微生物が農産物の風味にもかかわっているという研究報告例がいくつか出始めている。直感的な例としては、ワインなどの発酵食品の場合は材料に含まれている共生微生物がそのまま風味に影響する場合などが考えられる。実際に、いくつかのワインの風味は共生微生物に由来しており、試験管中でワインの香りを生産することが報告されている *Paenibacillus* 属細菌や *Sporobolomyces roseus*, *Aureobasidium pullulans* などは典型的な植物共生微生物である<sup>(40)</sup>。先の窒素施肥に敏感に反応した *Methylobacterium* 属細菌についても、イチゴの風味の生合成系に関与していることが報告されている<sup>(41)</sup>。イチゴの場合は、単に微生物が植物の代謝物を変換しているだけではなく、*Methylobacterium* 属細菌が植物由来の 1,2-propanediol を lactaldehyde に変換して植物に戻し、最終的にイチゴの香り成分ができるという、微生物と植物間での代謝物質の複雑なやり取りをしている。これらの有用共生微生物群とは逆に、収穫後の農産物の病害や腐敗を引き起こしたり、悪臭や加工食品の変質を引き起こしたりする有害な共生微生物群の存在も知られている<sup>(42)</sup>。本稿で紹介したように、栽培管理を通じた農耕地生態系の微生物の適切な制御法を開発することにより、収穫後の農産物の貯蔵性の向上や、おいしさを含めた農産物の高品質化などの一次産業全体に対するプラス効果も期待できる可能性がある。

## 共生とは善玉菌も悪玉菌もともにいるという意味

本稿で述べてきたような植物共生科学の新知見からの重要なメッセージは、「作物」を「微生物との複合共生体」として認識することの重要性である。共生という言葉は、日本語としては響きが良く、お互いに仲良く生きていくというイメージがあるので、共生微生物はすべて有用な、あるいは無害な微生物というように思われがちである。しかし、農業などの経済活動やヒトの健康科学という視点からは植物共生系に善玉と悪玉の両方が存在する。悪玉菌も、おそらく弱い個体を集団から取り除き、死んだ動植物の死骸を速やかに無機化するなどの生



態的には重要な役割を担っていると思われる。また、本稿の冒頭で示したように、多様な生態学的可能性を考えると現在の科学知識では、生物間での相利共生的関係の有無について不用意な判断は下せない。したがって、地球環境全体を通した物質循環などを考えると、抗生物質や農薬を多用して人間に不都合な(微)生物群をすべて抹殺するというような従来の古典的な(微)生物制御戦略は共生科学的にも、生態学的にも非常に危険なように思われる。

### 植物共生科学研究の問題点

共生細菌については一通りの技術開発ができ、培養性の問題を除けば、ラボから野外環境までの幅広い範囲でかなり自由に解析できる研究環境が整いつつある。また、土壌や海水などの環境試料ではルーチンワークになりつつあるメタゲノム解析は、植物共生系では非常に困難であった<sup>(43)</sup>。本稿で紹介した細菌細胞濃縮法の開発により技術的展望がようやくできたところであり、植物共生系の本格的なメタゲノム解析はこれからであるが、薬用性成分などを含めた新規生理活性物質の探索源などとしても注目されるであろう<sup>(5)</sup>。一方、植物共生系の微生物群として細菌類と同様、あるいはそれ以上に非常に重要な植物共生糸状菌類については不十分な分析技術しかなく、ブレークスルーにつながる技術開発が強く望まれる。

### おわりに

今後は、上述したような共生科学に加えて、植物フェノミクス、多様な環境情報のためのセンシング技術なども活用した統合的解析により、「農業の科学化」というような展開は、思ったよりも近い将来に期待できるのではないか。本稿で紹介したような栽培環境の工夫などにより農耕地生態系の微生物相を改善し、環境微生物の有用機能を環境サービスとして最大限に活用することが、化学物質の投入を最小限にした持続的農業生産活動の基本となるのではないだろうか。「大切なものは、目に見えない」という狐の言葉のとおり、微生物も光も実体としては人の目では直接見えないものであり、これら目に見えないものを意識することが農業においても大切なように思われる。このような研究意識の変革により、従来の農学研究における疑問点や矛盾点などが解決されると同時に、従来の常識を超えた新たな農学や関連科学の展開への扉が開かれると期待したい。

謝辞：本稿をまとめるにあたり、佐賀大学農学部鈴木章弘博士、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の田中福代博士からたいへん貴重なご助言をいただいた。この場を借りて深甚の感謝の意を表します。本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」、科研費基盤研究A「植物共生微生物のメタゲノム解析による物質循環機能の解明」(23248052)、科研費基盤研究C「根粒根圏土壌微生物の群集構造解析によるマメ科作物の連作障害発生機構の解明」(22580074)、および科研費挑戦的萌芽研究「植物共生微生物群集構造解析のための光センシング技術の開発」(25660207)の成果である。

### 文献

- 1) D. M. Wilkinson : *Nature*, **412**, 485 (2001).
- 2) N. C. Johnson, J. H. Graham & F. A. Smith : *New Phytol.*, **135**, 575 (1997).
- 3) A. O. Adesemoye & J. W. Klopfer : *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **85**, 1 (2009).
- 4) G. Berg : *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **84**, 11 (2009).
- 5) A. A. Leslie Gunatilaka : *J. Nat. Prod.*, **69**, 509 (2006).
- 6) T. Macek, O. Uhlik, K. Jecna, M. Novakova, P. Lovecka, J. Rezek, V. Dudkova, P. Stursa, B. Vrchotova, D. Pavlikova *et al.* : *Advances in Applied Biotechnology*, **17**, 257 (2009).
- 7) K. Carstens, J. Anderson, P. Bachman, A. De Schrijver, G. Dively, B. Federici, M. Hamer, M. Gielkens, P. Jensen, W. Lamp *et al.* : *Transgenic Res.*, **21**, 813 (2012).
- 8) K. Warriner & A. Namvar : *Curr. Opin. Biotechnol.*, **20**, 166 (2009).
- 9) 内海俊樹：化学と生物, **49**, 79 (2011).
- 10) 秋山康紀, 林 英雄：化学と生物, **44**, 284 (2006).
- 11) 柴谷信孝, 阿久津克己：化学と生物, **43**, 321 (2005).
- 12) L. M. Proctor : *Cell Host & Microbe*, **10**, 287 (2011).
- 13) D. Redecker, R. Kodner & L. E. Graham : *Science*, **289**, 1920 (2000).
- 14) Y. C. Kim, J. Leveau, B. B. McSpadden Gardener, E. A. Pierson, L. S. Person, III & C.-M. Ryu : *Appl. Environ. Microbiol.*, **77**, 1548 (2011).
- 15) F. Şahin, R. Çakmakçı & F. Kantar : *Plant Soil*, **265**, 123 (2004).
- 16) Y. Bashan & L. E. de-Bashan : *Adv. Agron.*, **108**, 77 (2010).
- 17) M. C. Quecine, W. L. Araújo, P. B. Rossetto, A. Ferreira, S. Tsui, P. T. Lacava, M. Mondin, J.L. Azevedo & A. A. Pizzirani-Kleiner : *Appl. Environ. Microbiol.*, **78**, 7511 (2012).
- 18) M. A. Kertesz, E. Fellows & A. Schmalenberger : *Adv. Appl. Microbiol.*, **62**, 235 (2007).
- 19) S. Saïdi, S. Chebil, M. Gtari & R. Mhamdi : *World J. Microb. Biot.*, (2013), doi : 10.1007/s11274-013-1278-4
- 20) L. Chen, I. C. Dodd, J. C. Theobald, A. A. Belimov & W. J. Davies : *J. Exp. Bot.*, (2013), doi : 10.1093/jxb/ert031
- 21) J. M. González & M. A. Moran : *Appl. Environ. Microbiol.*, **63**, 4237 (1997).
- 22) T. Okubo, S. Ikeda, T. Kaneko, S. Shima, H. Mitsui, S. Sato, S. Tabata & K. Minamisawa : *Microbes Environ.*, **24**, 253 (2009).
- 23) T. Okubo, T. Tsukui, H. Maita, S. Okamoto, K. Oshima, T. Fujisawa, A. Saito, H. Futamata, R. Hattori, Y. Shimomura *et al.* : *Microbes Environ.*, **27**, 306 (2012).
- 24) S. J. Davis, A. V. Vener & R. D. Vierstra : *Science*, **286**, 2517 (1999).

- 25) M. Itakura, K. Saeki, H. Omori, T. Yokoyama, T. Kaneko, S. Tabata, T. Ohwada, S. Tajima, T. Uchiumi, K. Honnma *et al.*: *ISME J.*, **3**, 326 (2009).
- 26) M. Kawaguchi & K. Minamisawa: *Plant Cell Physiol.*, **51**, 1377 (2010).
- 27) E. Oka-Kira & M. Kawaguchi: *Curr. Opin. Plant Biol.*, **9**, 496 (2006).
- 28) C. Gutjahr, M. Banba, V. Croset, K. An, A. Miyao, G. An, H. Hirochika, H. Imaizumi-Anraku & U. Paszkowska: *The Plant Cell*, **20**, 2989 (2008).
- 29) S. Ikeda, T. Okubo, N. Takeda, M. Banba, K. Sasaki, H. Imaizumi-Anraku, S. Fujihara, Y. Ohwaki, K. Ohshima, Y. Fukuta *et al.*: *Appl. Environ. Microbiol.*, **77**, 4399 (2011).
- 30) J. A. Vorholt: *Nat. Rev. Microbiol.*, **10**, 828 (2012).
- 31) S. Ikeda, T. Kaneko, T. Okubo, L. E. E. Rallos, S. Eda, H. Mitsui, S. Sato, Y. Nakamura, S. Tabata & K. Minamisawa: *Microb. Ecol.*, **58**, 703 (2009).
- 32) S. Ikeda, T. Okubo, T. Kaneko, S. Inaba, T. Maekawa, S. Eda, S. Sato, S. Tabata, H. Mitsui & K. Minamisawa: *ISME J.*, **4**, 315 (2010).
- 33) M. Rosenblueth & E. Martínez-Romero: *Mol. Plant Microbe Interact.*, **19**, 827 (2006).
- 34) A. Suzuki, L. Suriyagoda, T. Shigeyama, A. Tominaga, M. Sasaki, Y. Hiratsuka, A. Yoshinaga, S. Arima, S. Agarie, T. Sakai *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **108**, 16837 (2011).
- 35) C. L. Ballaré: *Trends Plant Sci.*, **16**, 249 (2010).
- 36) Y. C. Kim, J. Leveau, B. B. McSpadden Graner, E. A. Pierson, L. S. Person, III & C.-M. Ryu: *Appl. Environ.*, **77**, 1548 (2011).
- 37) 秋草 文, 土屋広司, 永田照喜治: 特開2007-282544
- 38) D. R. Fravel: *Annu. Rev. Phytopathol.*, **43**, 337 (2005).
- 39) J. J. Oertli: *Fert. Res.*, **1**, 103 (1980).
- 40) M. Verginer, E. Leitner & G. Berg: *J. Agric. Food Chem.*, **58**, 8344 (2010).
- 41) I. Zabetakis: *Plant Cell Tissue Organ. Cult.*, **50**, 179 (1997).
- 42) G. Lopez-Velasco, G. E. Welbaum, R. R. Boyer, S. P. Mane & M. A. Ponder: *J. Appl. Microbiol.*, **110**, 1203 (2011).
- 43) N. Delmotte, C. Knief, S. Chaffron, G. Innerebner, B. Roschizki, R. Schlapbach, C. von Mering & J. A. Vorholt: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **36**, 16428 (2009).

## プロフィール



池田 成志 (Seishi IKEDA)

＜略歴＞1995年近畿大学大学院農学研究科博士後期課程修了／その後、コーネル大学、筑波大学、東北大学等での博士研究員／2009年農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター、現在に至る＜研究テーマと抱負＞植物共生微生物の分子生態学と農業微生物学＜趣味＞ナショナル系の名所へのドライブと洋画観賞



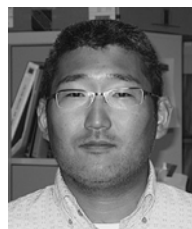
鶴丸 博人 (Hirohito TSURUMARU)

＜略歴＞2006年九州大学大学院生物資源環境科学府修了、博士（農学）／製品評価技術基盤機構、農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所のボスドクを経て、2012年東北大学大学院生命科学科産学官連携研究員＜研究テーマと抱負＞植物生育促進微生物の分離と性状解析＜趣味＞早期リタイアを目指した株の売買



大久保 卓 (Takashi OKOBO)

＜略歴＞2013年東北大学生命科学研究科博士課程修了／同年日本学術振興会特別研究員、現在に至る＜研究テーマと抱負＞イネ共生細菌やマメ科クサネム根粒菌の共生機構の研究を通して、植物共生細菌の進化に迫りたい＜趣味＞読書、水泳



岡崎 和之 (Kazuyuki OKAZAKI)

＜略歴＞1998年東北大学農学部卒業／2000年同大学大学院農学研究科応用生命科学専攻博士前期課程修了／同年農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター、現在に至る＜研究テーマ＞テンサイの品種育成を行っています。また、テンサイPGPRの選抜を目的にテンサイ共生細菌の網羅的な単離を行っています＜趣味＞冬の雪上サッカーと夏の午前3時から始める朝野球



南澤 究 (Kiwamu MINAMISAWA)

＜略歴＞1983年東京大学大学院農学系研究科農芸化学専攻修士課程修了／同年茨城大学農学部助手／1996年東北大学遺伝生態研究センター教授／2001年同大学大学院生命科学系研究科教授＜研究テーマと抱負＞根粒菌などの植物共生細菌の物質循環相互作用と共進化に興味があります。特に、植物根圏の温室効果ガス（N<sub>2</sub>OやCH<sub>4</sub>）発生を担っている植物共生細菌の犯人探しに凝っています＜趣味＞ホームベーカリー

# 古くて新しい農業資材・炭の賢い活用法について ー 籾殻くん炭の覆土によるセル苗の生育促進効果ー

農研機構・野菜茶業研究所  
佐藤文生

## 1. はじめに

セル育苗では、培地の養分保持量が地床育苗やポット育苗に比べ極めて少ないことから、育苗中に肥切れしないように液肥を適宜追肥しなければならない。近年では有機性の液肥が市販されているが、有機性液肥の肥効は無機性の液肥に比べると概して緩慢である。そのため、頻繁に液肥を追肥しても、肥効が十分に現れる前に肥料成分が流亡し、苗の生育遅延や葉色の低下といった問題が起きやすい。これらの問題は、元肥が多く含まれる培養土を利用したり、追肥する液肥の濃度を高めることである程度回避することができるが、育苗中に流亡する肥料成分も多くなるため、環境への負荷を高めることになる。筆者らは、このような有機性液肥でのセル育苗の問題に対し、育苗培地に籾殻くん炭を覆土することで、施用する肥料の量を増やさなくても苗の生育量や窒素吸収量が増加することを明らかにした。ここでは、このくん炭覆土の効果について紹介する。

## 2. くん炭覆土効果の実験

### (1) 苗の生育と窒素吸収

有機性液肥を用いたレタスのセル育苗において、くん炭覆土の有無が苗の生育と窒素吸収に及ぼす影響を調査した。なお、この調査では、くん炭の覆土量を 90 g / トレイ（セルトレイ全面が覆われる程度）とし、播種後 14 日目から 5 日おきに、コーンスティープリカーを主原料とする市販の有機性液肥を、窒素濃度で 100ppm に希釈して 1L / トレイ施用した。

播種後 50 日目においても無覆土の苗は、草丈が 3cm 前後で苗の抜き取り作業に支障をきたす程であった（第 1 図、第 1 表）。一方、くん炭を覆土した苗は、草丈や茎葉部生重が無覆土の苗の 2 倍に達するなど、旺盛な生育を示した。また、苗の窒素濃度もくん炭覆土により増加し、くん炭覆土の苗の個体当たりの窒素吸収量で無覆土の苗の 2 倍近くに達した。



第 1 図 くん炭を覆土した培地（左）と無覆土の培地（右）で育苗したレタスセル成型苗

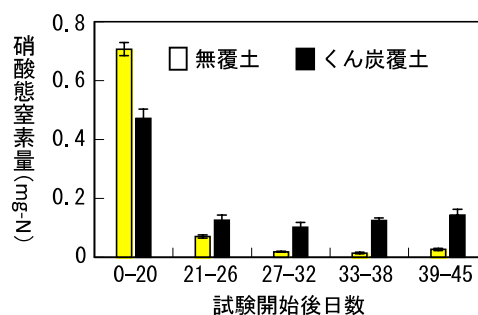
第1表 くん炭覆土がレタスセル成型苗の生育と窒素吸収におよぼす影響

| 覆土方法  | 草丈<br>(cm) | 茎葉部生重<br>(mg/個体) | 窒素濃度 (mg/gDW) |      | 窒素吸収量<br>(mg/個体) |
|-------|------------|------------------|---------------|------|------------------|
|       |            |                  | 茎葉部           | 根部   |                  |
| くん炭覆土 | 4.4        | 608.9            | 20.1          | 16.5 | 1.56             |
| 無覆土   | 2.8        | 334.6            | 14.0          | 11.1 | 0.83             |

### (2) 培地の無機態窒素量

次に、くん炭覆土の有無が培地の硝酸態窒素量に及ぼす影響について調査した。なお、この調査では、セルトレイに苗がない状態としたうえで、苗がある状態と同様の肥培管理を行い、灌水時にセルトレイの底穴から流出する水を全て回収し、その中に含まれる無機態窒素量を比較した。

一日当たりの硝酸態窒素流出量は、予め硝酸態窒素が含まれた培養土を用いたため、双方の培地とも液肥施用前から高い値を示した（第2図）。しかし、その後、無覆土の培地ではその値が減少したのに対し、くん炭を覆土した培地は、試験機関を通じて高い値が維持され、試験終了前の6日間においては、両者の硝酸態窒素量には4倍以上の差があった。



第2図 試験期間中に培地から流出した水に含まれる1セル当たりの硝酸態窒素量

### 3. くん炭覆土効果の発現条件

くん炭には無数の微細な孔隙があり、養分を吸着して保持する機能がある。仮に、このようなくん炭の特性により上述の効果がもたらされたとすると、くん炭を覆土ではなく、培養土に混和しても同じような効果が得られるはずである。そこで、このようなくん炭の特性を踏まえ、くん炭をどのように施用したときに苗の生育促進効果が現れるのか、または、失われるのかについて検討した。

#### (1) くん炭を培養土に混和した条件での効果

くん炭を覆土した培地、覆土と同じ量のくん炭を培養土に混和した培地、および、くん炭無施用の培地で、苗の生育量と窒素吸収量を比較した。くん炭を覆土した場合と培養土に混和した場合のいずれの培地でも、苗の生育量や窒素吸収量は、くん炭無施用の培地より増加したが、それらの増加程度は、くん炭を混和した培地より覆土した培地で大きかった（第2表）。この結果は、くん炭を培養土に混和すると、覆土した場合のような苗の生育や窒素吸収の促進効果は得られないことを示している。

| 第2表 くん炭の施用方法がレタスセル成型苗の生育と窒素吸収におよぼす影響 |            |                  |              |      |                  |
|--------------------------------------|------------|------------------|--------------|------|------------------|
| 処理区                                  | 草丈<br>(cm) | 茎葉部生重<br>(mg/個体) | 窒素濃度(mg/gDW) |      | 窒素吸収量<br>(mg/個体) |
|                                      |            |                  | 茎葉部          | 根部   |                  |
| 覆土                                   | 5.5        | 823.9            | 17.1         | 14.5 | 2.08             |
| 混和                                   | 4.3        | 614.5            | 14.6         | 12.1 | 1.45             |
| 無施用                                  | 3.9        | 436.9            | 13.7         | 10.4 | 1.03             |

#### (2) くん炭を覆土した培地面を遮光した条件での効果

次に、苗の株元に紙タオルで包んだアルミ箔を敷き詰め、培地面のみが遮光されるようにして、上述の3つ培地で苗の生育と窒素吸収を比較した。その結果、前段の試験と異なり、苗の生育や窒素吸収はいずれの培地でもほとんど同じであった。このことから、くん炭施用によって苗の生育や窒素吸収が促進するためには、覆土した培地面に光が当たることが条件になるといえる。

第3表 培地面を遮光した条件でのくん炭の施用方法がレタスセル成型苗の生育と窒素吸収におよぼす影響

| 処理区 | 草丈<br>(cm) | 茎葉部生重<br>(mg/個体) | 窒素濃度(mg/gDW) |      | 窒素吸収量<br>(mg/個体) |
|-----|------------|------------------|--------------|------|------------------|
|     |            |                  | 茎葉部          | 根部   |                  |
| 覆土  | 4.8        | 535.9            | 14.6         | 12.6 | 1.29             |
| 混和  | 4.8        | 552.0            | 12.9         | 10.4 | 1.22             |
| 無施用 | 4.7        | 552.9            | 14.8         | 12.8 | 1.26             |

苗の株元に紙タオルで包んだアルミ箔を敷き詰め、培地面のみが遮光されるようにして、苗を育苗した。



### 3. くん炭覆土効果に関する環境要因

#### （1）培地温度条件について

くん炭覆土の効果を十分に得るためには、くん炭が培地の表面にあり、そこに光が当たっていることが重要である。これらの点を踏まえると、くん炭覆土効果のメカニズムとしては、①培地に覆土したくん炭に太陽光が当たる。②くん炭の温度が上昇し、培地の温度が上昇する。③培地の温度上昇によって、有機態窒素の無機化が促進される。④その結果、培地中の硝酸態窒素量が増加し、苗の窒素吸収量が増えるといった推測が成り立つ。

では、実際にくん炭覆土によって培地の温度がどの程度上昇するのであろうか。そこで、くん炭を覆土した培地、混和した培地およびくん炭無施用の培地表面の温度を調査した。第3図の左側は、午前9時頃に灌水した場合で、右側は培地面のくん炭が乾燥するまで灌水を控えた場合の培地表面の温度変化である。いずれも晴天日であったが、午前9時に灌水

した場合、くん炭は日中はほぼ湿った状態にあり、くん炭を覆土した培地の表面温度は他の培地と変わらなかった。一方、灌水を控えた場合は、くん炭が乾き始めた午前11時ころから灌水を行うまでの間、覆土した培地で温度が高く推移し、他の培地との間には最大で10℃の差が生じた。すなわち、くん炭の覆土した培地は、乾燥が進むとその表面温度が高まることがあるが、培地面が湿った状態にあるときは、くん炭を覆土しても、培地表面の温度は上昇しないことが明らかとなった。

前述の育苗試験では、ほぼ毎日午前9時前後に灌水しており、培地面は常に湿った状態で行っていた。このため、くん炭の覆土効果は、培地面の温度上昇によってもたらされたとは考えにくく、別の要因が深く関係していると考えられる。

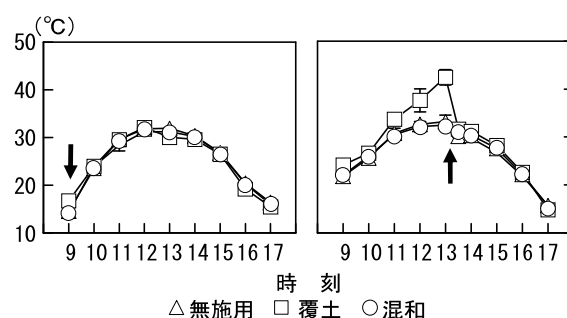
#### （2）光条件について

では、どのような要因によって、くん炭覆土の効果がもたらされているのであろうか。前段で、培地面を遮光するとくん炭覆土の効果が消失することを述べたが、この場合、熱とともに光も培地面に伝わらなくなることに注意しなければならない。

そこで、人工気象器内において、培地の温度のみが上昇した場合、また、培地の温度は同じで光だけが培地面に当たらなくなった場合で、くん炭覆土の効果の有無を検証した。ここでは、培地面に光が当たっても培地温度には影響しないLEDランプを光源に用いた。なお、11時間日長で、培地の日最高温度を35℃および25℃に設定し、25℃の場合は、明期がない暗黒条件も設けた。

第4図に、くん炭を覆土、または、混和した培地から灌水時に流出する水に含まれる硝酸態窒素量を示す。明期がある条件の両方の培地の硝酸態窒素量を比較すると、日最高温度に関わらず、くん炭を混和した培地より覆土した培地で、試験後半に硝酸態窒素量が増加した。しかし、明期がない条件では、くん炭を混和した培地と覆土した培地で硝酸態窒素量にはほとんど差がみられなかった。それぞれの培地を明期の有無で比較すると、くん炭を覆土した培地では明期の有無によって硝酸態窒素量はあまり変化しないのに対し、くん炭を混和した培地では、明期があると硝酸態窒素量が低くなることが認められた。

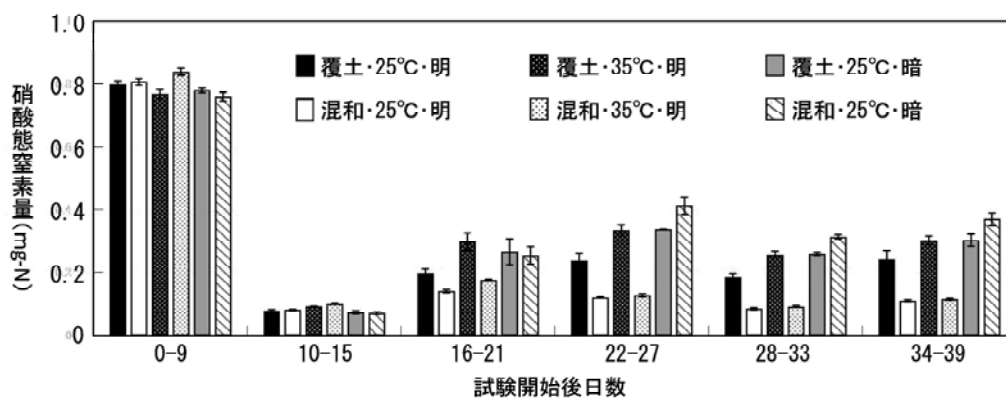
このことから、培地中の硝酸態窒素量は光の有無と密接に関係し、暗黒の条件では光がある条件に比べ高く維持されることが明らかとなった。このため、通常の育苗環境、すなわち明期がある条件で、慣



第3図 培地表面温度の推移  
図中の矢印は灌水した時刻を示す。



行の方法（無覆土）で育苗すると、光の影響によって培地中の硝酸態窒素量が低い状態になると考えられた。それに対し、くん炭を覆土した培地面では、層状に配置されたくん炭が遮光作用をもたらし、それによって光の影響が排除され、明期がある条件でも培地中の硝酸態窒素量が高い状態に維持されたと考えられる。



第4図 日最高温度および明期の有無が異なる条件下での培地から流出した水に含まれる1セル当たりの硝酸態窒素量

#### 4. くん炭覆土効果の活用に向けて

なぜ、光が培地面にあたると培地中の硝酸態窒素量が低下するかについては、今後究明すべき課題として残るが、最近の研究では、有機質液肥を施用した条件だけでなく、無機性の液肥でもくん炭の覆土効果が現れることが確認されている。このことから、培地中での有機性窒素から生じた硝酸態窒素のその後の再有機化や脱窒の過程に光の影響が及んでいるものと考えられる。この点については、藻類の繁殖やその生理活性の影響によって水中の硝酸態窒素濃度が明条件下で低下することが、富栄養化が進んだ湖沼において知られている。したがって、培地中の硝酸態窒素量が光によって減少する機作については、これら生物的要因の関与も含めて解明して行く必要がある。

光は培地中深くまでは到達しないので、その影響が及ぶ範囲は、培地のごく表層に限られたものといえる。このため、作土層が数十センチにも達する一般的な土耕栽培では、光の影響が及ぶ範囲は限られており、作物への影響はほとんどないかもしれない。しかし、セル育苗のように、培地の深さが数センチと浅く、また、定期的に培地の表層に液肥を与えるような栽培条件では、液肥の肥効に及ぼす光の影響が培地表面に限られていても、苗の窒素吸収や生育には大きく反映することが予想される。

園芸作物の栽培では、セル育苗に限らずポット栽培や隔離ベッド栽培など根域を浅層化した栽培が多く行われている。くん炭は、これらの栽培において、植物の生育を阻害することなく、簡便に培地面のみを遮光できる優れた資材といえる。ただし、遮光作用がある資材ならくん炭でなくても同じような効果が得られるのかといった点については不明であり、今後さらに検証を進めていかなければならない。有機性液肥の肥効を左右する環境要因として、光環境は従来ほとんど認識されていなかったが、今回紹介したくん炭覆土効果の知見は、培地面の光環境の側面からも肥効を改善しうる余地があることを示すものといえる。

（農研機構・野菜茶業研究所 佐藤文生）

## くん炭の覆土によるセル苗の生育促進効果

セル育苗で有機性液肥を使うときなど、苗の生育が遅いときに、くん炭を覆土すると、苗の生育が早まります。



くん炭覆土

対照

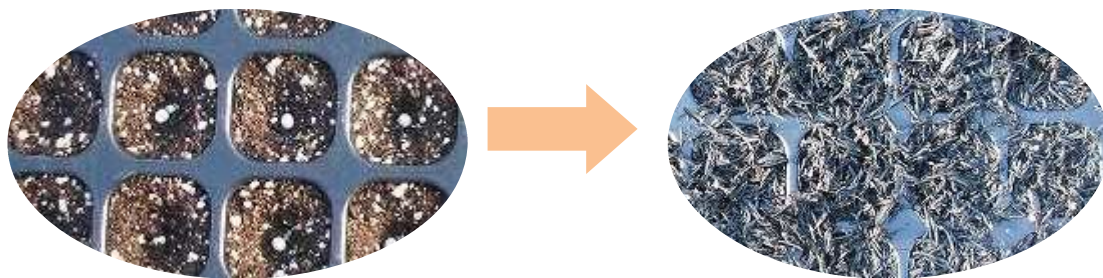


くん炭覆土

対照

### やり方

種を撒いたあとに、くん炭を種や培養土が隠れるくらい覆土してください。



覆土するくん炭の量は、1トレイ当たり0.2～0.6 Lです。

風などでくん炭がとばされてしまったときは、くん炭を補充してください。

### 効果（レタス苗を使った試験では）

#### 苗の生育促進

くん炭を覆土した苗は、覆土をしない苗に比べ、生育が1.5～2倍早くなります。

#### 苗の窒素吸収促進

くん炭を覆土した苗では、覆土をしない苗に比べ、窒素吸収量が約2倍増加します。

#### 定植後の苗の活着促進

くん炭を覆土した苗は活着に優れ、覆土をしない苗に比べ定植後の発根量が約2倍増加します。

#### 栽培期間の短縮

くん炭を覆土した苗は、覆土をしない苗に比べ、定植後の生育が旺盛になります（春レタスの場合、収穫期が10日ほど早まります）。

## 注意点

### 気温が高いとき(20℃以上)はやらない

ハウス内の気温が高いときにくん炭を覆土すると、かえって発芽や苗の生育が遅くなります。くん炭覆土は、低温で苗の生育が遅くなる11月下旬から3月上旬に育苗する場合に効果があります。

### 良質のくん炭を使う

生焼けや焼きすぎのくん炭を覆土すると、種が発芽不良となる恐れがあります。このため、覆土には良質のくん炭を使い、はじめて使うときは、あらかじめ種が正常に発芽することを確認してください。

### くん炭を多く撒きすぎない

覆土するくん炭の量が多すぎると、芽が出るまでの日数が増え、また、苗の胚軸が長くなって苗が抜き取りにくくなります。さらに、くん炭の量が多いと培養土の栄養バランスが乱れる恐れもありますので、適量を守ってください。

### 適切な肥培管理を行う

窒素の施用量が多すぎると、くん炭覆土の効果は現れません。育苗中は液肥を適正濃度(窒素濃度で40～100ppm)に希釈して定期的に追肥してください。

## 参考情報

くん炭覆土の効果は、次の試験条件で認められています。条件が異なる場合には効果が現れなくなる可能性も考えられますので、確認してください。

- ・培養土 : ピートモス主体のセル育苗用培土(無窒素、または、低窒素タイプ)
  - ・追肥する液肥 : 窒素肥効が緩やかな有機性液肥
  - ・液肥施用方法(\*) : 窒素濃度を100ppmに希釈して5～7日おきに適量施用
- \* 窒素施肥量が多くなるとくん炭覆土の効果は現れません

詳しいことは、

野菜茶業研究所 環境保全型野菜生産技術研究グループ 佐藤まで  
(電話: 029-838-7312, E-mail: fumio.sato@affrc.go.jp)

# 有機柑橘栽培の安定生産に向けた取り組み

【愛媛県八幡浜市 菊池正晴】

## 1. はじめに

安全、安心の農産物を生産することは栽培の基本ですが、品質についても、食卓に出した農産物が目で見えてある程度楽しめることを目的にし、毎年安定した生産が可能な方法の確立を目指しています。

## 2. 安定生産に向けた病害虫対策

私が有機栽培に取り組んだころは、そうか病、黒点病、すす病、かいよう病、カイガラムシ、サビダニなどの病害虫に悩まされ、年によっては収穫皆無の園もあり、生産量が安定しませんでした。この状態に対して、初めは「自然の力」を信じて5、6年頑張りましたが、生産量が不安定で農業経営が成り立たない状況でした。

これらの病害虫の対策ができないと有機栽培での経営は不可能でした。そこで、植物はどのようにして健康を維持しているのかを考え、調べ、エチレン物質による防除があることを知り、エチレンを生成し、発散できる植物の栽培と、土づくりを心掛けました。そして、土壌の窒素、リン、カリではなく土壌環境に注視し、園内の物質循環が大切であると考えました。そして、土壌微生物の働きによる植物の健全な生育が重要であると考えました。

そして、次の①～③に示した品種ごとの特性にあった栽培を心がけました。

### ① 園地を整備し、栽培環境を整備

受光、排水、通風などの園地の条件を改善します。

### ② 剪定などによる樹勢の調整

刈り込み剪定による病害虫密度の低減。結果層の上下幅が広いと病害虫の移動幅が広がるので、上下幅を60cm程度に心がけています。

### ③ 有機 JAS 認証で認められている農薬の使用

農薬を使用することで、害虫の密度を下げ、天敵による防除が効率的になります。



隔年交互結果方式による刈り込み剪定

毎年安定した生産を行うには、病害虫の発生に合わせた防除方法の確立が必要です。今では、過去7、8年にわたる失敗経験をもとに、ある程度対応のできる防除体系ができ、安定生産が可能になりました（表1）。

表1 菊池農園の病害虫防除方法

| 病害虫    | 耕種的対策        | 農薬による対策        |
|--------|--------------|----------------|
| 黒点病    | 剪定などによる樹勢の調整 | IC ボルドー        |
| かいよう病  |              | ニガリ、IC ボルドー    |
| そうか病   | 剪定などによる樹勢の調整 | 石灰硫黄合剤、IC ボルドー |
| サビダニ   |              | 硫黄フロアブル、コロマイト  |
| カイガラムシ | 剪定などによる樹勢の調整 | 6月に夏季マシン油      |



# 土づくり・隔年交互結実で有機ミカンの安定生産

—省力化や微生物・天敵を重視した技術を駆使—

【愛媛県八幡浜市 菊池正晴氏】

## 1. 経営概況

菊池氏の柑橘園がある愛媛県八幡浜市西宇和地区は、日本一の「日の丸ミカン」産地として有名であるが、近年温暖化の影響もあり、伊予柑、甘夏などに加え高糖系の不知火、紅マドンナ、甘平など中晩柑が増加し柑橘経営の安定化が図られている。

菊池氏の果樹園の多くは沿岸部から数kmまでの標高 80～250mの地にある。営農の主体は柑橘類で、果樹園約 500a のうち、温州ミカン 150a、はるか 80a、不知火 70a、紅マドンナ 40、甘平 20a、甘夏 10a、レモン 10a の他、キウイフルーツ 30a、柿 10a からなる果樹複合経営である。近年愛媛県が育成した紅マドンナ、甘平の 7 割が未成園である以外は成園である。

柑橘園の多くが 12～20 度の傾斜地にあり、園地は西南西向き、土質は緑泥古世層で地力は高く、作土は約 30cm、土層深は 1m と柑橘に適している。

労働力は夫婦 2 名と雇用 2 名（うち非常勤 1 名）のほか、臨時雇用が約 250 人日/年である。

学生時代から環境問題に関心を持ち、1974 年に卒業後しばらくは減農薬栽培を行っていたが、1989 に生協との農薬 2 原体による栽培に踏み切り、失敗は多々あったが自分にも安心、安全な有機栽培技術を身に付けてきた。有機 JAS 認証は 2006 年に自然農法国際研究開発センターから受け、新植園、農薬ドリフト懸念のある沿岸部 40a の園地、柿園を除き有機認証を取得している。

古くから生協、有機農産物や自然食品等を扱うスーパー等との取引を始め、1989 年には集落の環境保全型農業に取り組む 15 人（うち有機農業取組者 4 名）で「保内生産者グループ」を結成し、リーダーとして生産・販売面で組織をまとめ活躍している。

最近の柑橘類の出荷量は、温州ミカンが約 20 t、中晩柑を含めて約 60 t の生産量があり、主な取引先は関東、東海、北海道の生協や関東給食会並びに有機栽培の強みを活かしマルタ、オイシックス、ナチュラルハウス等への販売、さらに、近年流通業者との連携で通販を伸ばし、再生産可能な価格を前提とした取引を行っている。

## 2. 温州ミカンの概要

温州ミカン 150a は全て成園で有機 JAS 認証を取得している。単収は慣行栽培並みであるが、1、2 割の裾物をはねた出荷量は 2.0 t /10a 程度である。

主な品種は早生では興津早生、あけぼの早生、中生では愛媛中生が多い。

15 年前から作業の省力化と園地の栽培環境の改善並びに豪雨による土砂崩壊防止のため、順次独自で園地改造を行っている（9.の特記事項参照）。（注 本資料集 21 ページ）

温州ミカンの有機栽培を容易にするため、多くの創意工夫をしているが、特に主幹別隔年交互結実方式を実践したことにより、病虫害抑制と単収の向上・安定並びに省力化が図られ、経営改善効果が高い。

## 3. 植栽、整枝・剪定

新植地の幼木は、以前は 3 年間農薬を散布し、除草剤を使い樹を大きくしていたが、病虫害抵抗性のない樹が育ち、有機栽培園で 2 年程経つと病気が出やすく、カイガラムシも発生し問題があった。そこで今は、1 年生苗を購入後、植付け 1 年目の春から 7 月まで除草剤や有機 JAS 許容農薬を使い、他の条件は有機栽培と同様にして育てている。こうして夏芽が出ればあとは順調に育



つため、2年目に有機栽培に移行し、3年目で結実させ、JAS有機の転換期間中農産物にできるので、育成方式を変えた。新植園では早く現場に順応させるため、苗木育成時に有機質肥料で育て細根が出るように注文を出している。

園地改造後の植栽密度は、植付け時点では約200本/10a植えを基本とし、樹冠が拡大する6年生以降に間伐して、約100本/10a（4m×2.5m）程度にしている。

葉の光合成能力は枝の層厚が60cmまでとされるため、作業の便から樹高は約2mとしている。整枝・剪定は、6年前から隔年結果防止と病害虫抑制を兼ねて、有機栽培に向けた隔年交互結実方式を取り入れ成果を上げている（写真Ⅱ-39）。高度な整枝・剪定法は雇用労働者には無理なので、技術単純化の意味も大きい。この方法では、1年毎に果実を成らせる生産部と、枝毎剪除して果実を一切成らせない遊休部を1年置きに設ける。果実を全部残した枝は弱るので、来年は遊休部の枝に結実させる。隔年交互結実方式への移行は、病害虫の寄生した枝の除去・更新から始まった。上島の人々は隔年結果防止のために葉を除去し、結果枝を除き小さい芽を出させたが、ここで始めたねらいは主枝の短縮と垂主枝の数を1～3月に減らす方法である。従来研究されてきた隔年結果防止策としての隔年交互結実方式は、従来と同じ剪定方式を前提としていたので、芽が多く出て枝と枝の間隔が狭すぎて密植状態になり、着色・食味が悪かった。しかし、全体が垂主枝のみなら良く日が当たり、着色も味も良いものが出来る。この方式により半分遊んでいる方の遊休部から7月以降に夏芽が発生して翌年の結果母枝になり、翌年、従来比で倍以上結実させることが出来、生産量も慣行栽培と同等かそれ以上になるので、隔年結果が少なくなる。

なお、発芽を早くさせるため、剪定は1月から3月に行っている。



写真Ⅱ-39 隔年交互結実方式（左：樹の右側が強剪定部、右：翌年に樹の右側のみ結実させる）  
（提供：菊池正晴氏）

#### 4. 土づくり・施肥対策

土づくりは特に大切だと考え、改造園地では最初に土壌団粒化を狙い2年間で3tの完熟発酵鶏糞を入れ、あとは入れない。但し地力の低い園には、完熟豚糞堆肥をさらに3年腐熟させたものを3年に1回投入している。園地は改造時に天地返しをしているので有効土層は深く、灌水はしていない。有機栽培では細根が広がり養分吸収範囲が広く、葉は広がり光沢がある（慣行栽培園の葉は丸まっており精気がない）。土ができれば土壌が軟らかくなり、草がみな手で抜けるようになる。

施肥面では、抗生物質未使用の微生物が多い特定企業の発酵鶏糞（N：2%）を、樹の状態を見ながら、1本当たり約2kgを基本に、表面施用している。発酵鶏糞は、他の仕事との係わりの中で、冬春季（1～3月）または秋季（10～11月）に施すほか、その施用期とは異なる時期に、特注品の魚肥ボカシ（N：6%）を表面施用している。これら有機質資材は、土壌微生物の餌という考え方で施しており、光合成細菌や放線菌の増殖を狙っている。これらにより微生物が肥料分を合

成するとみているので、今では肥料の施用に当たって、成分量のことはあまり考えないようになった。微生物を増殖させる意識で肥料を施すようになってからは、病気も抑えられていると感じている。なお、樹勢の弱った園地では、農薬散布時にカツオの液肥を混用して葉面散布をすることもある。そのほか、微粉炭は菌を養うのにいいと考え、3年ほど前から樹勢の良くない場所や植付け時に10a当たり1、2袋を使っているが、まだ効果は不明である。最近2、3年は春先が寒く、有機質肥料では慣行栽培比で20日程葉の緑化が遅れ、そうか病にかかりやすいので、冬春季の有機質肥料の施用時期は以前より早めている。

最近の土壌分析結果では、土壌肥沃度は高いがリン酸及び石灰が多くpHがやや高い状況であった。

**表Ⅱ-17 温州ミカン園の土壌分析結果（2012年11月）**

| pH               | 塩基置換容量   | 腐植含量 | リン酸吸収係数 | 全窒素     | 有効態リン酸  | 交換性カリウム | 交換性石灰   | 交換性苦土   | 塩基飽和度 |
|------------------|----------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| H <sub>2</sub> O | meq/100g | %    |         | mg/100g | mg/100g | mg/100g | mg/100g | mg/100g | %     |
| 6.7              | 23.3     | 4.9  | 1113    | 0.26    | 101     | 43      | 523     | 39      | 92    |

## 5. 結実・果実管理・隔年結果対策

外観、食味等の品質が慣行栽培品に劣らないものを目指し、土づくりや施肥管理をしている。糖尿病患者はミカンの糖度にも注意していることを知人から聞いたが、機能性食品でもある果実なのに、糖度一辺倒の栽培法はおかしいと感じており、濃厚な味を出すことを目指しアミノ酸系肥料を使っている。

隔年交互結実方式では、整枝・剪定技術が単純であること、特に温州ミカンでは問題となるそうか病とカイガラムシを物理的な方法で除去できること、原則として摘果無しで慣行栽培並みの収量が得られること、隔年結果防止が図れるというメリットがある。本方式は品質についても、6年間の経験から①大玉が減り慣行栽培に比べ中間階級の玉が多くなる（樹勢、剪定の度合で変化）。②糖酸バランスが適度に良くなる。③着果過多のこともあり浮皮果が少なく、皮やじょうのうが薄くなる。④樹の寒害抵抗性が高まる（実を成らせない枝は樹内に養分が貯留され栄養状態が良いため寒波に強く、落葉被害が少ない）ことを観察している。

## 6. 園地・雑草管理対策

雑草があると湿度が高く仕事に支障が出るので、雑草草生であるがハンマーモアで年に4、5回草刈りをする。つる性のヤエムグラは背丈が伸び種が出来る前に除草する。園地にはシロクロバーを播種しており、雑草もあまり生えない。全面がシロクロバーになると通路以外は消えて無くなり、また、土が良くなると消えて無くなり、土が軟らかくなる。

改造園地の法面には土止めにイタリアンライグラスを播種し土砂崩壊防止を図っている。このイタリアンが夏枯れると雑草抑制になり、夏過ぎには大きな草は生えない。樹の根元は肩掛式草刈機で刈る。

なお、冬風のすごい場所には暴風ネットを張り、乾電池利用のイノシシ避けも設置している。

## 7. 病虫害対策

1989年に東都生協との取引を開始以来、農薬は2原体の使用（そうか病対策の水和硫黄剤及びミカンサビダニ対策のマシン油乳剤、慣行栽培では18原体の農薬使用が基準）に留めている。本農薬はJAS有機許容農薬で、生産安定と外観品質保持のため、8年前から防除態系を確立し、有機栽培が容易になった。天敵が生きるためには害虫も全部殺さず害虫の密度を下げる考え方をと

っている。

有機栽培では転換時の対処法、特に発病時の対処農薬が少ない中での農薬の利用方法が重要である。有機 JAS 許容農薬は薬効が短く予防目的では使えないので、毎年の天候、気温に注意し、早期に見つけ初期段階で手を打っている。しかし、2012 年春は長雨でそうか病が多発し羅病果は秋に摘果を行った。

樹を元気にすると黒点病は出にくい。黒点病には硫黄合剤か銅剤（ボルドー液）を使う（基本は 6 月 10 日前後に 1 回）ので肌がきれいである。サビダニ、カイガラムシはマシン油を 6 月に散布する。冬に散布する人もいるが、冬眠中の無呼吸時に散布しても意味がないので、早くても啓蟄の頃まで遅らせるように勧めている。できれば 6 月の梅雨に入る前に散布すれば、梅雨で油脂を洗い流され、樹への悪影響を無くせる。カイガラムシからすす病が（排泄物に菌がつく）、枯れ枝から黒点病が出るので、密度を下げるのが重要である。温州ミカンにはそうか病が付きものであるが、隔年主幹交互結実方式で対応し、伝染を防止している。

園地にクモの巣が多くカメムシを食べてくれる。また、アシナガやクマンバチの巣が多いので、害虫の異常発生はなく、害虫の発生は気にならない程度である。菌体肥料由来のエチレングスで防御されているともみている。ゴマダラカミキリは雑草で園地の湿度が高いと根に穴をあけ産卵するが、通風を良くしておくことと少ないので、産卵期である 6～7 月には根の周りの雑草を刈り乾燥状態を保つようにしている。併せて樹勢を保つと樹の防禦能力で樹脂によって食入した虫を殺すことが出来る。最も手を焼くカイガラムシは、隔年交互剪定方式のため、剪除によって全部排除される。地域では 3 年程前から、スプリンクラー防除で放花昆虫を駆除しているため、ヤノネカイガラムシ、アザミウマが増加してきた。

## 8. 流通・加工・販売対策

10 月から 5 月終わりまで出荷している。価格は再生産可能な価格であればよいので、多く方に食べて貰えるように 1 割高程度と抑えている（流通業者委託の贈答用はかなり高い）。販売先は、東都生協、ナチュラルハウス、通販（マルタ、オイシックス）、学校給食が主体である。加工品は、大阪の専門店と柑橘のタルトを企画・開発中で、道の駅が出来るので対応したい。ジュースも委託製造している。

## 9. 特記事項〔生産性、生産力を高める園地改造〕

省力化と園地環境の改善による病虫害の抑制を図るため、急傾斜の園地は Yunbo で 4m 幅、高さ 1～1.5m の階段畑（テラス）方式へと順次改造している。また、上下段の樹間を原則として 4m 空け、樹の植栽位置はテラス部の法面に近い端に植栽している（写真Ⅱ－40）。この狙いは①植栽を端に行い（通常はテラス中央か傾斜地に植栽）、小型作業機の圃場への進入や作業性を高める空間を山側の法面近くに作る（施肥時等のクローラ型運搬車通行、ハンマーモア除草機や収穫運搬車の通行の容易化等）。②労働力多投型の有機農業の省



写真Ⅱ－40 造成園地の様子

（法面に近い植栽位置と、通路部確保に注意）

力化のため、成木期にも通行が容易に行えるよう作業道路機能を重視すると共に、収穫作業が平坦地で出来るように、省力化、軽労働化を図る。③通風、排水、日当たりを良好にして圃場を乾

燥させ、病害虫の発生抑制、良品質の果実生産を図る。④下段傾斜部（法面）への根群の誘導・伸張を図り根群域を広く発達させ、養水分、酸素の供給力を増し、樹の健全な生育を図る（地表面がテラス部と下段側法面の2面になり、酸素供給量が多い）、⑤小型テラスからなる植栽部を分散し豪雨による土砂崩壊、ガリー状侵食を避ける（排水の分散化）、⑥平坦部土壤中の水分保持力を高め、灌漑無し、タイベック利用無しで、高品質果実の安定生産を図る、等である。

（本文は、2013年3月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』146～149ページに掲載されたものを、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである）



# 健全な土・樹づくりによる有機中晩柑作

—省力化を図り、微生物・天敵重視で病害虫を制御—

【愛媛県八幡浜市 菊池正晴氏】

## 1. 経営概況

「Ⅱ.温州ミカンの有機栽培技術」の「5. 先進的な取組事例紹介 2)」の①、⑨を参照されたい。  
(注 本資料集 36 ページと 39 ページ)

## 2. 中晩柑の栽培概要

中晩柑の主な栽培面積は、はるか 80a、不知火 70a、紅マドンナ 40a、甘平 20a、甘夏 20a であり、このうち、近年愛媛県が育成した紅マドンナと甘平は成園率が 7 割である以外は成園で、農薬ドリフトが懸念される園地、幼木園以外は全て有機 JAS の認定を受けている。中晩柑は植栽時期や年次間差はあるが、成園では慣行栽培並みの単収であり、2 割程度の裾物を除く出荷量ベースでは 2.5 t /10a 程度である。

中晩柑は黒点病が共通的に発生しやすく問題になるほか、品種によってはかいよう病にも弱いので、これを抑えられる樹勢の強い伊予柑、甘夏、ハッサク、ボンカン、不知火、はるかは、温州ミカンより有機栽培がやりやすいと言える。近年、愛媛県が育成した紅マドンナ、甘平も黒点病が抑えられるので可能である。しかし、清美オレンジは有機栽培が難しく全て伐採した。清美の系統が母方に入っているせとかやマリヒメも黒点病には弱く、有機栽培は難しい。

## 3. 植栽、整枝・剪定

新植地の幼木は、以前は 3 年間農薬を散布し、除草剤を使い樹を大きくしていたが、病害虫抵抗性のない樹が育ち、有機栽培園で 2 年経つと病気が出やすく、カイガラムシも発生し問題があった。そこで今は、1 年生苗購入後、植付け 1 年目の春から 7 月まで除草剤や有機 JAS 許容農薬を使い、他の条件は有機栽培と同様にして育てている。こうして夏芽が出ればあとは順調に育つので、2 年目に有機栽培に移行し、3 年目で結実させ、JAS 有機の転換期間中農産物にできるので、育成方式を変えた。

中晩柑は樹勢が強いので、強剪定をすると徒長枝が多くなり樹体のコントロールが難しい。また、中晩柑は強剪定により強いトゲが出るのも問題である。従来、中晩柑は樹勢が強く収穫量も多いので、樹冠を大きく育てていたが、内部への光線、通風が悪いため、樹冠内の枝が枯れたり、病害も多く、品質不良果も多かった。そこで、樹全体への日照・通風条件を良好にして光合成効率を高める観点から、樹の高い所はノコギリで枝が上に出ないようにバサッと切るなどして樹高を下



写真Ⅲ-5 樹高は思い切って下げている



写真Ⅲ-6 法面近くに植栽して右に作業通路を確保  
樹高を下げ日照・通風の良い樹形に転換



げ（写真Ⅲ－5）、横幅の広いコンパクトな樹を育てる剪定に変えた。このため、中晩柑の植栽密度も、栽植段階では約 200 本/10a 植えを基本とし、成木段階では約 100 本/10a（4m×2.5m）程度にした。剪定は通常 2～4 月に行っている。中晩柑の園地も全面改植時には、約 4m 幅のテラス方式にする改造を行い、園地環境の改善と労働生産性の向上を図っている（写真Ⅲ－6、「Ⅱ. 温州ミカンの有機栽培技術」の「5. 先進的な取組事例紹介 2）⑨」参照のこと）。（注 本資料集 21 ページ）

#### 4. 土づくり・施肥対策

土づくりは特に大事だと考え、園地改造時には土壌の物理性と生物性の改善を狙い、2 年間で約 3 t/10a の完熟発酵鶏糞を投入している（あとは入れない）。但し、地力の低い園には、完熟豚糞堆肥をさらに 3 年腐熟させたものを 3 年に 1 回入れている。

施肥面では、抗生物質未使用の微生物が多い発酵鶏糞（N：2%）を樹 1 本当たり約 2 kg 表面施用している。発酵鶏糞は、冬春季（1～3 月）または秋季（9～11 月）に施すほか、その施用季とは異なる時期に特注品の魚肥ボカシ（N：6%）を表面施用している。これら有機質資材は、土壌微生物の餌という考え方で施用し、光合成細菌や放線菌の増殖を狙っている。微生物の多い肥料を施用した樹では黒点病が出ないし、かいよう病は葉には出ても実にはあまり出ないことを観察している。このほか、樹勢の弱った園地では、農薬散布時に鰹の液肥を混用して葉面散布することもある。

最近の土壌分析結果では、土壌肥沃度が高いが、石灰分が多くて pH がやや高く、加里は不足気味という状況であった。

表Ⅲ－14 有機中晩柑作園（はるか）の土壌分析結果（2012 年 11 月）

| pH               | 塩基置換容量   | 腐植含量 | リン酸吸収係数 | 全窒素     | 有効態リン酸  | 交換性カリウム | 交換性石灰   | 交換性苦土   | 塩基飽和度 |
|------------------|----------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| H <sub>2</sub> O | meq/100g | %    |         | mg/100g | mg/100g | mg/100g | mg/100g | mg/100g | %     |
| 7.3              | 13.0     | 5.0  | 1025    | 0.30    | 119     | 29      | 576     | 45      | 130   |

#### 5. 結実・果実管理・隔年結果対策

中晩柑は摘果をしながら、養分を効かせないと商品価値のある大きな果実とならない。中晩柑では清美オレンジのように隔年結果性が高い品種もあるが、結実過多にしなければ、その程度は低い。それに加えて、最近の地上部と根部とのバランスがとれるコンパクトな剪定法に変えてから、隔年結果性が低下している。

はるかなど新しく作出された高糖度系の中晩柑は、従来から栽培されている甘夏柑、河内晩柑、文旦系の中晩柑に比べて果皮が弱く、冬の防寒、品質保持のために 9 月から 11 月にかけて袋かけを行っている。

適果作業は中晩柑では、大玉の方が商品価値が高いので早い方がよく、一般品種では 7～8 月に、早期摘果では裂果が起きやすい甘平では 10 月に行っている。但し、はるかは毎年結実し、隔年結果性が小さいので、摘果も行わない。

#### 6. 園地・雑草管理対策

農薬散布、摘果や袋かけ、収穫作業の邪魔にならないように、また、雑草があると高湿になり夏は仕事に支障が出るので、各作業に先だちハンマーモアでの草刈を年間 3 回程度行っている。黒点病は 6 月 20 頃から出るので、最初の夏草の草刈はこの頃に行う。樹の根元は肩掛式草刈機で刈る。なお、樹に巻き付くつる性の春草は、樹からはずして倒しマルチがわりにして夏草の生育を

遅らせている。またアメリカセンダングサ等外来雑草がひどいので、手取りで除去している。

再造成園地のテラス部には最初シロクロバーを播種するので、雑草はあまり生えない。また全面がシロクロバーになると通路以外は消えて無くなり、土が良くなると消え、土は軟らかくなっている。また、再造成園地の斜面の土手には最初イタリアンライグラスを播種し土砂崩壊防止を図っている。雑草が夏枯れると雑草抑制になり、夏過ぎには大きな草は生えない。やがて一般雑草に置き換わり土砂崩壊を防止する。

なお、冬風のすごい場所には暴風ネットを張り、乾電池利用のイノシシ除けも設置している。

## 7. 病害虫対策

病害虫防除のコツは如何に早く的確に樹、園地の状況を把握して、タイミングよく手を打つかである。有機 JAS 許容農薬は薬効も低く効力が短時間のため予防的散布は無意味で、蔓延してからでは手遅れになるからである。中晩柑は黒点病、かいよう病に弱い、通常 6 月上中旬に有機 JAS 許容農薬の IC ボルドー 60 倍液を散布する。また、サビダニ対策としては 6～9 月間に、石灰硫黄合剤 100 倍液またはイオウフロアブル 400 倍液を 1～2 回撒布している。カイガラムシ対策としては 6 月上中旬に IC ボルドー 66 の 60 倍液とマシン油乳剤 97 の 100 倍液の混合剤を散布している。これらにより外観品質は慣行栽培並みになる。

ゴマダラカミキリ対策として、産卵期である 6～7 月には樹の回り 30cm 範囲位は除草し、裸地にして乾燥させておくと、樹の樹液が乾き食入した虫を殺す。有機 JAS 許容農薬のボーベリア菌を使っているが、ボーベリア菌が付いたゴマダラカミキリを捕まえて高接ぎしてある所に放すと、1 週間程生きている間に他のゴマダラカミキリにも感染するので効率がよい。なお、園地にはクモ類や蜂類など天敵が多いので、害虫の発生は少ない。地域ではスプリングラ防除で放花昆虫を殺している、ヤノネカイガラムシやアザミウマが増加しており心配している。

## 8. 流通・加工・販売対策

中晩柑は 12 月から 5 月終わりまで出荷している。主要な品種の出荷時期は、紅マドンナが 12 月、甘平が 2 月、不知火が 2 月～3 月、はるかが 2 月～4 月、甘夏が 5 月である。販売価格は、再生産可能な価格であればよいので、多く方に食べて貰えるように慣行品に比べ 1 割高程度で出している（流通業者委託の贈答用はかなり高い）。販売先は東都生協、東海コープ等の生協、自然食品関係スーパー、通販（マルタ、オイシックス）、学校給食会が主体である。

中晩柑の裾物は、愛媛県内のジュース工場に委託してジュースに加工し販売している。また、大阪の洋菓子店とジュースや洋菓子の商品開発をしており、道の駅が出来るので対応したい。



写真Ⅲ-7 はるかの袋掛けと果実の外観（12月中旬）



写真Ⅲ-8 紅まどんなの選果（12月中旬）

（本文は、2013 年 3 月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』176～178 ページに掲載されたものを、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである）

# 自然との共生による有機ブランドのミカン作り

【佐賀県鹿島市 佐藤農場（株） 佐藤 睦】

## 1. 化学合成資材ばかりの栽培に疑問を持つ

おかげさまで柑橘栽培を始めて 45 年になる。

ミカンづくりは一代目で、昭和 43 年から、ミカン園の 1ha と水田 50a で始めた。昭和 43 年から昭和 61 年まで普通の慣行栽培をやり、その間、農協の役員も経験し地域の指導もしながら、化学肥料と農薬の推進もしていた。

化学農薬と化学肥料は、ミカン産地の県の基準どおりに 1 年間の農薬は 12～15 回散布していた。化学肥料は 10a あたり 1 年間に 200kg を施肥しながら、ミカンの果実の味や本来のことは二の次で、外観重視のミカンづくりをしていた（現在でも全国の産地は外観を重きに置いている）。土壌と根っ子のことはあまり考えずに化学合成した資材で、土壌とミカンの樹を痛めていた。表面の見えるところばかりを気にし、考えて仕事をしていた。

除草剤も 1 年間に 2～3 回土に散布して雑草を退治していたが、散布した夜は頭がくらくらしていたのを思い出す。害虫も強い農薬で殺したら、また次から次へと農薬に耐性を持った世代が押し寄せて果実を食べる。また、農薬で殺す。その連続で毎年進化のないミカンづくりをやっていた。一生懸命になればなるほど農薬を大量に使用する。こんなことを一生続けていくのかと疑問をもった日々であった。

## 2. 農薬を暫減してゼロにする

昭和 59 年頃から農薬を減らすことを考え、1 年間に 12 回の散布を半分の 6 回に減らし、次の年は 3 回に、次は 1 回にと、昭和 62 年にはゼロにした。年 1 回からゼロにするのが 1 番難しかった。

その頃の技術では、農薬をゼロにするというのは簡単ではなかった。学生のころ読んだ、有吉佐和子著の『複合汚染』と、レイチェルカーソン著の『沈黙の春』がずーっと心の奥にあり、考えることがあった。無農薬の世界は大変なことばかりで何が起きるかわからない。最初の頃は失敗の連続だった。順調に生育して喜んでいたのに、収穫の直前に害虫が発生して、収穫皆無になったことも何回か経験した。その時は周囲の同業者から「無農薬なんて出来っこない」とよく笑われた。失敗したらみんなが喜んだ。

こっちは畑で涙がでる。1 番心配したのは家族のこと。秋の収穫が少なくて来年はどんなふうにして生活をしていくのか、小学生、中学生、高校生の子供もいる。その頃はよく借金をした。

## 3. 毎年反省、毎年チャレンジ

全国の有機農業者と連絡を取り合って、いろいろな面で教えていただき、有機の技術を取り組んでいった。平成の初め頃は全国に有機農業者が少なかったので、なかなかやり方が解らず技術的にも確立しない。化学農薬と化学肥料の世界はちゃんとしたルール（方程式）があるから、慣行栽培は有機栽培に比べたら、あまり難しくない。これに比べて有機農業の世界は、栽培する側からみたら毎年が 1 年生。いまでも発展途上で、毎年反省、毎年チャレンジの連続だ。去年はこうしたからと、今年も昨年どおりの作業をしても通用しない。この地球環境の中だから、毎年、圃場では何が起きるかわからない。地球環境との共生、自然との共生、自然の動きを作物との共生の中で、自分自身が判断できる感覚を身につけて、仕事を進めていく。日々、地球の自然に生かされているということを肝に銘じ、自然との共生をいかに確立していくかを真剣に考えている。

#### 4. 自然に学び、自然に優しい農業

平成の始めに考えた「自然に逆らわず、自然に戻り、自然に学び、自然に優しい農業」の理念の基に、畑に行き作物と話し合う。作物は走り回ったり、歩いたりすることができないので、今はどんな仕事をしたら作物の手助けになるかを考えて、作物が元気に楽しくなるような仕事をして、人が作物に対して嫌がるようなことはしないように、そして作物から恩恵を受けるようにしていく。

まだ波動の世界を認めない人が多いが、家に居るとき、また、寝ている時に畑から2万本のミカンの樹から、どここの畑の何という品種から「すぐに来て。この虫を何とかしてくれ」と言ってくる。1本の樹から言ってくることもある。1圃場から言ってくることもある。すぐに畑に行き、仕事をしてなんとか解決する。「おはよう」、「こんにちは」、「ありがとう」と畑に行ったら突然向こうから話しかけてくることもある。びっくりする。その時はお互いに体調が良くてぴったし波動が合った時だと思う。めったにないが、たまには一斉に話しかけてくることもある。

畑に行き仕事は何もしなくても、「おはよう」と話しかけ、行く回数が多い程、作物の生育がよくなっていく。そして、行くたびにほめる。ほめたらまた一段と樹相が良くなっていく。逆に悪口を言ったら生育が悪くなっていく。畑で夫婦喧嘩はしない。気持よく仕事をする。樹は私たちのことをよく見ている。

作物は、地球上になかった化学合成した農薬、肥料、除草剤などは嫌うので使用しないことはもちろんだが、地球上の自然界にあるものだけを使用して、作物を育てていく。そのようにしたら作物は人に対して恩返しをしてくれる。

野菜にしても果樹にしてもケミカルコントロールで作っていくのが最良の栽培だという人がいるが、それは邪道だと思う。慣行栽培では作物に対してホルモン剤の使用が多すぎる。たとえばミカンの場合、畑にビニール・マルチシートを敷いたり、ホルモン剤で摘果したり、水を切ったり、着色剤散布、袋掛けをしたりなどをしなくても、ミカンは自然本来の姿で糖と酸のバランスがとれてさっぱりしてまろやかな味になる。

#### 5. 全国に顧客が増えた

「このミカンは何かが違う。自然の味がする」と、食べた方が言ってくれる。アトピーの人も喜んで安心して食べてくれる。「さとうのミカンを食べたら健康になる。元気をもらおう」と言ってくれる。

自然に逆らわない農業をしていく中で全国に顧客が増えていった。市場には出荷しないで300t近くのミカンが全国の店舗販売と消費者へ直接販売で完売している。

27年間の実績もあり、全国から圃場の見学と話を聞きによく来られるが、化学農薬と化学肥料そして除草剤不使用の畑を見て、唖然とされる。全国で除草剤不使用の畑はまれだから、仕方がないのだろう。

#### 6. 畑で出来たものは全部土に還元

日本の農業の歴史上、化学合成資材の使用量は半世紀前には微々たるものだった。今実践しているのが、フルーツグラス、イタリアンライグラス、ヒマワリ、菜の花の種を蒔き、土がふわふわになるようにする。そうしたら有効な微生物が増えてミカンの樹の細根が増え土のミネラル分を吸収する。そうしてミカンの樹が健康になる。また、病害虫を寄せつけない体力づくりの為に、ミカンジュースを作る過程で出る搾りカスを発酵させて、それも土と樹に散布する。草生栽培で1年間に草の重量は10aあたり1tになる。剪定枝も粉碎する。このように畑でできた物は全部土に還元する。



その他に生物的害虫防除の実践で、ヤーコン、ウコン、アーモンド、クルミ、桜、モミの木、イチョウ、ヤマモ、カリン、サザンカ、松、とちの木、榎、モミジ等を畑の中に植えている。四季折々の花がとってもきれい。ミカンの樹も、そこで仕事をしている人も、心がなごむ。ミカンの樹もストレスがなく温和になって、うまい果実になる。とくに、3月から5月まで咲く桜の品種を植えていて、満開になったらすごい。その花が散る時の桜吹雪がミカン園に舞う。そうしたらまた、ミカンの樹が喜ぶ。お互いにエネルギーをもらっている。

ミカンづくりも最初は1haからスタートしたが、今では30haになった（内訳は、自園が9ha、21haは50名から借りている）。

## 7. 耕作放棄園を引き受けて 35ha に

昭和から平成10年頃までは、ミカン畑を売る人、また貸す人は誰もいなかった。最近の農業情勢は急激に変化している。周囲のミカン生産者がどんどん辞めていく中で、その耕作放棄園を引き受けて、30haからあと2年で35haになりそう（予約がいっぱい入っている）。当地域の集落では毎年全園の3%が放棄されている。なんとかしたいけれど、うちも引き受ける限度がある。微力ながら、若い人の仕事場の確保と、農地の荒れるのを少しでもストップできるようにとの思いで引き受けしている。

全国から若い男女が有機農業を目指してやってきて、現在15名になった。平均年齢は32才と若く、農業は経験のない人ばかりだがよく働き、剪定技術など、難しい仕事もすぐ覚えて、研究熱心だ。チームワークも良く、畑からよく笑い声が聞こえてくる。

畑は急傾斜の段々畑で、作業中に下の畑に落ちないように足を踏んばりながら、草刈りに剪定、肥料施肥、摘果作業と頑張っていく。簡単に30haと言っても、ほとんどの畑で農業機械が使用できないので、水田地帯の佐賀平野と比べたら、労力的にみても水田120haと同じ位に相当するだろう。

## 8. 若い人を指導して農業を確立

若い人を指導して、有機農業を理解し、即戦力になる人と農業をしていく。これが日本の農業の発展につながると考えている。そして若い皆さんが経営のパートナーとなり、共同経営の形を取りながら有機圃場を増やしていく計画だ。

加工場も完成し、ミカン、ポンカン、イヨカン、清見、デコポン、甘夏、これらのストレート果汁100%のジュースを作っている。ドライフルーツ、各品種のジャム、マーマレード、ミカン酢と飲む酢、橙果汁、ミカンゼリーと、どれも人気がある。ミカンソフトクリームも酸味があり、ミカンの香りがしてなかなかの好評だ。6次化産業も若いスタッフ一同、新しいことにチャレンジして3年後、5年後の計画を練り、若い人が安心して働くことができるように、日夜創造する農業を続けていきたい。

最後に一言、「心と体と地球にやさしい農業の確立」を。

# 独自の技術を駆使し大規模有機ミカン作を実現

—園地交互結実、山土・イネ科草生等活用—  
【佐賀県鹿島市 佐藤農場（株） 佐藤 睦氏】

## 1. 経営概要

佐藤農場の柑橘園地は、日本三大稲荷の一つ祐徳稲荷神社のある鹿島市の有明海を見下ろす丘陵地に分布する。佐藤氏は 1968 年からミカン栽培を始め、1984 年まで慣行栽培であったが、「まずは生産者が健康で、消費者に安全安心な農産物を食してもらおう」ことを理念に掲げ、年 12 回の農薬散布を年 3 回に減らした減農薬栽培に移行し、さらに 1987 年から全圃場 5ha のうちの 3ha で無農薬、無化学肥料の取組を開始した。2001 年に有機 JAS 認定制度の開始と同時に全柑橘園 7.6ha の認定を受けた。



写真Ⅱ-33 園地再生で温州ミカンが復活  
(提供：佐藤 睦氏)

当時、ミカン価格低迷のため周辺で荒廃園が多く、これらの園地 21ha を借り受け（写真Ⅱ-33）、現在、柑橘園は 30ha と拡大し（温州 26ha、中晩柑（不知火、甘夏、清見、ハッサクなど）4ha）、全てで有機栽培を行っている。

労働力は夫婦 2 人と 20 名の雇用（うち 15 名正社員）で、夫婦以外の平均年齢は 32 歳と若い。

栽培面積 30ha のうち有機 JAS 認定園は 20ha、生産量は 2014 年産が約 300 t（青果 240 t、加工 60 t）、販売額約 8,000 万円（加工品を含む）である。一般には有機農産物であることが価格に反映されない中で、毎年 200 円/kg 程度の単価で契約販売ができています。

これまで有機農業の大規模化は困難とされてきたが、隔年交互結実方式による効率的な栽培方法を確立すると共に、長年の努力で販路を拡大し、我が国最大規模の有機柑橘経営に発展している。

## 2. 温州ミカンの栽培概要

園地は標高 60～300m、傾斜 7～20 度、日当たりは全園で良好である。品種構成は極早生 13ha、早生 5.0ha、中生 4.0ha、普通 4.0ha で、栽植距離は 2.5m×2.5m が基本である。全収穫量の 7 割が青果向けで、病虫害被害による外観不良果の 3 割は加工向けである。

## 3. 栽植・整枝・剪定

栽培の多い極早生品種は、安定して連年結実する特性があるので、水平以下の枝は全て切る方式で対応している。これにより 3S 未満の商品価値のない果実が結実する無駄な枝が剪除され、S 以上の果実が着果する枝に重点的に肥料養分を集中でき、施肥量を慣行栽培の 1/3～1/5 まで少なくしている。

一方、早生、中生の品種は隔年結果しやすく、収量の年次間差が大きいので、2009 年から園地の隔年交互結実方式を導入した。この栽培法では果実の大部分が 2S～M に揃うので、摘果が不要である。さらに果実糖度が連年結実栽培に比べ 1～2 度も高まり、また果実外観がきれいになるなど多くのメリットがある。この技術により大規模化が可能になった。また、園地の隔年交互結実栽培では、遊休年には親指大の枝を全て剪除するので除葉率は 60～70%にも達するが、これによ

り枯枝が全て剪除され、次の結実年には黒点病被害が大幅に低下する。さらに、そうか病の罹病葉梢、カイガラムシ寄生の枝や葉梢、ミカンハダニが寄生した葉の大部分が剪除され、これら病害虫による被害が激減することも、この栽培法の特徴である。

#### 4. 土づくり・施肥対策

イネ科のフルーツグラスとイタリアンライグラスの草生栽培を全園で行い、その根による土壌物理性の改善を図ると共に、年に2回の草刈りを行って腐植の供給源にしている。

苗木に対しては、400 kg/10a の山土を樹冠下に半径 20cm、厚さ 20cm になるように客土している（長崎県



写真Ⅱ-34 株元への客土によるミネラル補給（左）と敷ワラによる有機物施用（右）

諫早市より多孔質玄武岩系安山岩を年間約 60 t、4,000 円/t で購入）。成木に対しても幹の周りの土壌が流亡しているような場合には、同様の客土を行う。これによってミネラルが補給され、表層の土壌流亡対策にもなっている。苗木に対する客土は最低 5 年間は継続している（写真Ⅱ-34）。これらの取組により、土壌中に保水能の高い有機物の層が形成され、降雨の多少に左右されない高品質果実の生産ができ、また細根量が増加するので、慣行栽培で問題になっている日焼け果の発生が少ない。また、法面ではチガヤを伸び放題にしておき、それを刈り取って株元に敷いている。

施肥は養鶏専門農協の発酵鶏糞堆肥（窒素成分 2.4%）を春肥（2～4 月）として、1 回当たり 1 t/10a を施している。数年前から草生栽培による緑肥効果と発酵鶏糞堆肥の施用で地力窒素が高まったため（葉色で判断）、これらの施用は年によっては行わず、替わりにコンブ溶液 2,000 ㍓/10a 及びカツオエキス 2,000 ㍓/10a を 2～5 月にそれぞれ 1 回土壌に施用している。また、多孔質玄武岩系安山岩を通してミネラルが豊富になった井戸水を 4～10 月にかけて毎月 1 回、平均 300 ㍓/10a を葉面散布している。隔年交互結実の遊休年でも、結実年の場合ほどではないが、それぞれの樹の状態に応じた施肥を行う。これらの経費は総額で 8,000 円/10a 程度である。

他に有機物の補給として、地域の農家から稲わら、麦わらを購入し、200kg/10a 程を施用している。

#### 5. 結実・果実管理・隔年結果対策極

早生品種は連年結実させ、早生・中生・普通品種は園地毎の隔年結実栽培である。おいしくて消費者に好まれる S サイズのミカンを作ることを目指した結実管理をしており、摘果が不要なので大部分が 3S～M サイズにおさまっている。

#### 6. 圃場・雑草管理対策

全園でフルーツグラスの種子を 11 月に播種し、草生栽培をしているが、草を大事にし、なるべく刈らないことを基本としている。春先には 20cm 程度の高さになり、その後どんどん伸びてくるが、4～6 月はそのまま伸び放題の状態にし、棒で倒していくだけにし、これにより夏草が生えにくくなる（写真Ⅱ-35）。8 月下旬に第 1 回目の草刈を行い、うまくいけばその後は草刈りをしない。以前は年 5～6 回の草刈りが必要だったが、今は草を利用した抑草対策がうまくいき、草を





写真Ⅱ-35 フルーツグラスの草生栽培  
（6月までは刈らずに棒で倒していく）



写真Ⅱ-36 地表面に有機物の層が形成される  
（提供：佐藤 睦氏）

倒していくやり方で、10ha 分は 1 回も草刈りをせずに済ましている。

## 7. 病虫害対策

ミカン園の中に桜、カリン、ビワ、ヤマモモ、ツバキ、トチノキを防風林の代わりに植えて、生態系の多様化を図っている。この結果、園内にはコガネムシ目 27 科、カメムシ目 18 科、多くのクモ類等が確認されており、特にテントウムシやクモ類等の天敵が多く生息している。このため、害虫が多発することは少ないが、ゴマダラカミキリムシは見つけ次第補殺し、カイガラムシも寄生している枝を見つて次第年間を通して剪除している。ミカンハダニは天敵が多いため、過去 25 年間ほとんど発生したことがなく、マシン油乳剤の散布は不要である。果実に寄生したカイガラムシ類は選果時に手で取り除いている。カイガラムシは未熟な堆肥を施すと発生が多くなるようである。ミカンサビダニはとても小さいので見つけにくく、毎年どこかの園で発生し問題になるが、ひどいわけではない。

カメムシ対策としてニームを散布している。竹酢とニームを混ぜることで忌避効果が高まるのではないかとみている。カメムシには園内の 1～3 本に集中して加害させ、その他の樹への加害を少なくしている。10 月以降の果実成熟期に加害するカメムシ類の対策として、除草しないで雑草にカメムシ類を定着させておくことが最も効果的だとみている。なお、これらのカメムシに対するニーム液散布の効果は低い。一方、草生栽培のためカタツムリ類の発生が多く、収穫期に果実を食害するので困っている。特に被害が激しい園は 2 か所なので、これらの園地に限って除草の回数を多くしている。

黒点病対策は伝染源である枯枝の除去を年間を通じ徹底している。時間と暇があれば枯枝を落としているという感じである。そうか病とかいよう病は、窒素過多にならない施肥管理で対処し、罹病葉梢の剪除を徹底している。また灰色かび病対策として、ミネラルの葉面散布の際に花卉を水压で落とすと共に、枝を揺すり花卉除去を徹底している。収穫後問題になる果実腐敗対策は、果実の傷が原因なので収穫時や選果時の果実の丁寧な取扱いを徹底している。

以上の対策で、量販店での販売時に外観の悪さについてクレームがつくことはない。なお、日焼け果対策としてミネラル水散布時に、にがり（硫酸マグネシウム）を 5,000 倍になるように加用しており、日焼け果の発生は周辺の慣行栽培園に比べ極端に少ない。

## 8. 流通加工・販売状況

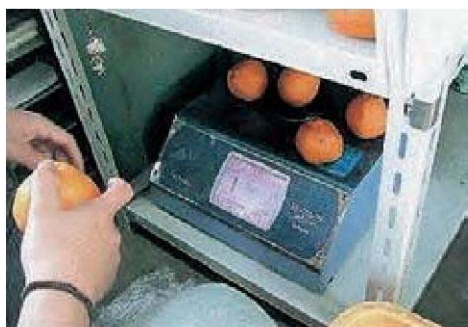
全収穫量の 7 割が青果向け、病虫害被害による外観不良果の 3 割は加工向けである。生食用ミカンの販売先は有機食品店が 7 割、宅配 2 割、直売 1 割である。なお、光センサー選果機を使い糖度 15 度以上を「昭和みかん」、13 度以上を「特上みかん」と銘打ったギフト商材として選別販



売している（写真Ⅱ－37）。

消費者ニーズに対応し、有機栽培ミカンの加工品を商品化しており、自社加工場が2012年1月に稼働している。温州ミカンストレートジュースを1本200円/180mlで年間50,000本程販売したり、飲むみかん酢&青みかん酢を開発・販売している。これら加工品はアトピー性皮膚炎治療施設でも購入され、口コミで広がり化学物質過敏症の方も顧客になっている（写真Ⅱ－38）。この他に、急速冷凍機で凍らせたミカンを有機栽培ミカンとして付加価値が付き600円/kgで、小さいサイズ（3S、2S）が主に年間10t販売している。ミカンゼリー、ミカンジャム、マーマレードも好評で順調に売れている。

2010年には第16回環境保全型農業推進コンクールで大賞の農林水産大臣賞を、2011年には第8回野菜ソムリエサミットみかん購入評価部門で大賞を、2015年には一般財団法人食品産業センター会長賞を受賞し、このことも販売の追い風になっている。このような営業努力や加工品の販売により顧客を獲得し、有機栽培が理解されることで「さとうのみかん」ブランドが確立し、青果の価格は取組を始めた頃の2.5倍の価格200円/kgで契約販売ができるようになっている。



写真Ⅱ－37 非破壊糖酸度測定器による選別



写真Ⅱ－38 ジュース、マーマレード加工品

（本文は、2013年3月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』143～146ページに掲載されたものに加筆し、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである）

# 低投入・無農薬で高収益柑橘経営を実現

—地域性を活かし高品質商品づくりに尽力—

【神奈川県湯河原町 早藤果樹園芸 早藤義則氏】

## 1. 経営概要

神奈川県湯河原町の太平洋を臨む標高 50～200m の南東向きの傾斜地を主体に 10 カ所の園地で営農を行っている。

農耕地 480a のうち果樹園が 450a を占め、うち 415a で多様な柑橘類（全て成園）の有機栽培を行うほか、一部でブルーベリーやキウイフルーツも栽培し、一年を通じて果実の収穫・出荷をしている。

柑橘類の樹種は温州ミカン 200a、オレンジ類 110a を主体に、甘夏、八朔、文旦、レモンなどで年間約 70t を生産する。また、従来の黄金柑に加え、神奈川県が育成した「湘南ゴールド」（4～5 月出荷主体）を導入し、観光需要を見込んだ地域特性が活かせるようになった。

園地の地質は関東ローム層で、祖父、父親が 80 年以上前から山を削り段々畑を造成してきており、一般に作土は深く、排水条件は良い。老木園も多く欠株も発生しているので、2～3 年間育成した幼苗を毎年 60～70 本補植している。

労働力は夫婦 2 名のほかに、常勤雇用 2 名、臨時雇用 100 人日/年、研修生 300 人日/年である。

1978 年から 2 年間、米国西部で果樹栽培等を学んだあと、1981 年に経営移譲を受けたが、父親が 1960 年代から提唱し定着していた栽培技術〈「早和柑橘研究会の無農薬酵素栽培」、「黒砂糖・酢農法」〉を基礎に、経営を引き継いでから、順次現在の有機栽培方式に発展させてきた。

有機 JAS 法改正による取引先からの要請等で表示変更の必要が生じたため、2004 年に有機 JAS 認証を日本有機農業生産団体中央会から受けた。

全くの無農薬栽培でも柑橘類の単収は平均 2t/10a 程度で安定しており、生産量の約 70% は生食用として大地を守る会や自然食品店、個人消費者への直販を行い、約 30% を加工用として、自然食品店、地域の旅館、宅配便等で販売している。

## 2. 温州ミカンの栽培概要

先代から酵素栽培を受け継ぎ、さらに完全無農薬栽培に切り変えてから約 30 年が過ぎているが、特別な問題は起きていない。外観品質は慣行栽培品と変わらず、味を含む品質はそれを凌駕しているとみている。



写真Ⅱ-50 親子3代に受け継がれてきた傾斜園地



写真Ⅱ-51 たわわに実る温州ミカンの様子

以前は地域の温州ミカンの目標単収である 3t 採りを目指し、施肥や剪定の工夫をしたが、ある時点から有機栽培では 2t でも経営が成り立つので、無理をしなくなり楽になった。産業としての農業は、技術力より経営方針が肝要と考え努力している。

品種は労力配分と市場や販売店との連携を長期間続けることが有利販売につながると考え、また、園地の自然条件（50m～200m の標高差）に合わせて選択し、標高の低い所から早く熟す品種を植えている。現在、約 3/4 は青島温州で、収穫は 12 月から 1 月にかけて行っている。そのほか 11 月から 12 月にかけて収穫する宮川、興津、大津と、翌春から夏の間はオレンジ類の生産となる。

### 3. 植栽、整枝・剪定

祖父の代（戦前）と父の代で増植した園地であり、現在は欠木の出た成木園の中に毎年 60～70 本の補植を行っている。株間は 3.6m が基本であるが、補植が多いので統一できていない。植穴に堆肥を施すだけで、2～3 年生苗に育てた幼木を補植しており、堆肥の施用回数を増やしたり必要に応じ灌水しているが生長は遅い。

整枝・剪定は果樹栽培の基本とであるが、作業量が多いため随時実施しており、平均的には 2 年に 1 回程度となる。但し、枯枝や病虫害被害枝の除去は徹底的に行う。整枝・剪定は技術力のない研修生でも行えるように、作業性を考え樹冠を広げないこと、罹病部位の除去を基本に、単純作業に留めるようにマニュアル化している。樹高は 3m 位に留めている。

隔年結果は果樹の習性として受け入れ、それを織り込んだ経営を行っている。

### 4. 土づくり・施肥対策

自家堆肥を種菌にして常時堆肥を製造している（写真Ⅱ－52）。

原料は馬糞、剪定屑、ジュース絞り粕、魚粗、豆腐おから、米糠、鶏糞、残飯などで、これらの材料を毎日加え、攪拌している。熟成期間は冬は 6～9 カ月、夏は 6 カ月程度を基本にしている。

堆肥の成分は、窒素、リン酸、カリのみであるが、逐次専門機関に出して分析を行い、品質の見極めと施肥量の加減に役立てている。

堆肥は果樹園全面に夏、秋の 2 回で 300kg/10a 程度を表面施用している。肥料としての施肥は堆肥だけのため、量の加減は樹の大きさや樹勢に応じて目分量でやり、肥料成分は特段考えていない。幼木では状況に応じて少量を頻繁に施す場合もある。

### 5. 結実・果実管理・隔年結果対策

摘果は 7 月中旬頃から 10 月中旬頃までにかけ、外観の特に悪い物だけを落としている。また、隔年結果対策は特にしていない。灌水は幼木移植の時だけで、その他の時期はやる必要を感じていない。収穫は食味を考え完熟に近い状態になってから行っており、慣行栽培者より 2～4 週間は遅い収穫になっている。

### 6. 圃場・雑草管理対策

雑草刈りは刈払機により年間 5～6 回行う。全園地の雑草刈りは一巡するのに約 40 日かかり、春から秋にかけてはほぼ毎日他の作業と一緒に草刈りもする。刈り取った雑草はその園地に刈り敷いている。なお、単一草生栽培は味や病虫害対策の面からはマイナスではないかと考えており、雑草草生栽培を行っている。

### 7. 病虫害対策

各園地の環境に適した品種を植栽しており、通風条件が悪く、湿度が高くなりやすい園地では病虫害の発生し易い品種を避けている。農薬は一切使わないが、病虫害は年を追う毎に減少しており、大きな被害にはならない。黒点病は枯枝を徹底的に剪除して園外に持ち出している。また、

そうか病、かいよう病に罹った枝葉、果実は剪定、摘果して直ちに園外に持ち出し、チップにして堆肥化している。また、カイガラムシの多発枝は全て剪除するほか、ゴマダラカミキリは作業時に逐次捕殺している。ダニ類は天敵による連鎖が出来上がっているため、全く問題がない。

## 8. 流通・加工・販売状況

販売先は個人直販 1/3、自然食品店 1/3、大地を守る会 1/3 強で安定しており、新規取引先は余剰のある時のみにしている。販売先は富裕層を主なターゲットとし、子育て世代、シニア世代をも含めて食育も重視している。腐敗果が出ないように、貯蔵中の温度、湿度コントロールを慎重に行っている。

加工品はジュース（委託加工）とジャム（自家加工）で、観光地でもあり、さらなる加工品の拡大を考えている。また、地域柄年間を通して間断無く販売できるというメリットもあり、有機農産物の良い材料を使い、高品質の商品を作るように心がけている。

有機農産物の卸売価格は生産原価を提示し、業者の理解を得て決めている。単収が7割水準なので慣行栽培品の 1.5～2 倍の価格水準となり、どうしても高値になる。

有機農産物は安く供給することは難しく、店頭でも安く売ることができない事情となり、今後全体の市場規模の拡大、消費者意識の改革が必要であると考えている。



写真Ⅱ-52 地域・自家資源を活用する堆肥化施設



写真Ⅱ-53 人気のある有機のジュースやジャム

（本文は、2013年3月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』155～158ページに掲載されたものを、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである）



# 自然循環を考慮した茶栽培

【静岡県静岡市 村上園 村上 倫久】

## 1. 農園の概要

私の住む静岡市清水区は日本列島の中部、標高300mくらいに位置し、南に駿河湾、北には南アルプスが、また南北に連なる山脈があり、まさに変化に富んだ地形をしています。そのため冬は西風の影響が少なく、さらに海の影響でほとんど雪は降らず、冬暖かい地域です。そして春になると駿河湾特有の低気圧により、多量の霧や雨が降り注ぎやがて川となり多くのミネラルを含んだ水が流れます。そのため河口から源流まで常緑樹から落葉樹、草花、野菜など多種多様に生産されています。また海の中も同様に海岸線から深海まで、暖流域から寒流域まで1500種以上の生物がいると言われています。さらに興津川の影響により毎日のように早朝1～2時間雲海が発生します。昼と夜の気温差があり、味と香りの良いお茶が育つ条件がそろっています。



茶園の向こうにそびえる富士山

このような流域で代々農業を営み生活してきましたが、近年環境の悪化や自然崩壊で循環が狂い始めていると感じています。陸上では地下水の無理な汲み上げや巨木の伐採、コンクリートの大量使用などで乾燥化が進み露地栽培がしにくくなっています。海も同様に一昔前までは駿河湾の漁獲量が多く沿岸漁業が盛んで多種多様な魚種が食卓をにぎわし、また肥料にも利用されていました。しかし現在では、魚が激減し沿岸漁業が成り立たない状態です。このような変化は、駿河湾にそそぐ河川環境が悪化したからと考え、少しずつでも流域環境の大切さを伝えようと有機農業に取り組んでいます。水が無くては、生命は成り立ちません。多くの方に流域文化の大切さを知っていただきたいと願っています。

1974年に父の代に無農薬・無化学肥料栽培に転換し約40年が経過しました。2006年、生産と加工で有機JAS認証を取得し、より多くの方にお茶を利用していただいています。

現在、茶園は4.5haで有機栽培を、ミカン園は0.2haで無農薬栽培を継続しています。労働力は、夫婦のほか、バイト1人です。

## 2. 茶栽培の概要

### 土づくり

BMW技術を利用した自家製堆肥を作り、施用しています。材料は、米糠、もみ殻、植物粕、山草、粘土、BM活性水などです。



乗用型茶摘採機による収穫（一番茶）

### 病虫害対策

農薬を撒くと害虫がいなくなるのかもしれませんがそれと同時に益虫もいなくなり畑の生態系が一気に崩れてしまいます。その後まず発生するのが害虫であり害虫優位の状態になってしまいます。害虫と益虫が共存する生態系が大切との考えで栽培をしています。

具体的方法として、BM 活性水を灌水します。菌体でもなく微生物のエサ（有機資材）でもないのに土壤の生物相が豊かになり安定します。

### 除草対策

草刈り、パートによる草取り、浅耕により、対応しています。

### 植栽、整枝・剪定

乗用型管理機で整枝を行っています。

1mm単位で高さ調整ができますが、茶園通路の機械踏みつけにより吸収根が減少。樹勢がやや落ちます。なるべく親葉になり得るものを残すようにハサミの高さを調整します。

### 収量

芽伸びを待てば、10a あたり 1,000kg 位収穫は可能ですが、300～500kg をめどに収穫しています。

### 品質の違い

農薬や化学肥料を使用した栽培に比べ、お茶を有機栽培で育てると、生育はゆっくりで収穫時期もやや遅くなります。茶園は窒素成分が少ないため小葉で芽数の多い樹形になります。

そのため葉肉が硬く、葉脈が太くなり、また樹液が濃くなると考えられます。蒸し工程をしっかりと行い茶葉がこなれないように揉みあげることで甘味があり、後味がすっきりしたお茶になります。

畑に投入する資材選びには気をつけています。慣行栽培では長期的に考えて雨水などにより流出した成分や化学物質はその河川流域や地下水、干潟、海の森まで壊していきます。そして海岸浸食、砂漠化、食糧不足がおきます。私たちは大きな自然循環のなかで人間以外の生物から生命をいただき生かれています。少しでも生物を増やし環境を守ることが、私たちのくらしの平和、安定につながっていると思います。

### 3. 栽培上の課題

1998 年頃より始まった土地改良事業による大型農地造成で平たんな農地が取得できたため、乗用型管理機、摘採機を導入し茶園管理をしています。しかし、機械による土壤の鎮圧があり茶樹の生育に影響があります。やわらかく通水性の良い圃場づくりが課題になっています。



茶樹内の草を手取り



茶園風景

#### 4. 流通・販売

生協、通販などに出荷・販売をしています。



自園・自製茶販売を紹介した村上園のパンフレット



# 有機栽培の深蒸し茶を栽培・製造・販売

—父が始めた有機栽培を脱サラし、継承—

【静岡県菊川市 岩沢園 ～ポニーのいるお茶農園～ 五代目 岩澤克彰】

## 1. 農園の概要

岩沢園があるのは、静岡県西部と中部の境、大茶園で有名な牧之原台地の中腹、菊川市の最北端の倉沢という地域です。ご存知の方も多いと思いますが、この地域の特徴は、茶栽培に恵まれた土質、日照時間が長く、葉肉の厚い茶葉が生育しやすい環境です。この特性を生かすため生まれたのが蒸し時間を長くし、苦味成分を抑え、甘味を引き出した深蒸し茶です。

当園ではその深蒸し茶を栽培・製造・販売(自園・自製・自販)しています。茶園面積は3.5ha、うち、有機 JAS 認証園は1.2ha、残りも有機と同様の管理ですが、慣行栽培の茶園に隣接していたり、転換期間中、幼木園であったりするため、荒茶出荷としては特別栽培となっています。土質は黒ボク土または赤土の山地が主体となります。

その他水稲(古代米等)を3.5a栽培しています。製茶工場はカワサキ機工株式会社の120K-1ラインを使用し、乗用摘採機が1台、傾斜地の多い関係で乗用比率は現在6割ほどです。経営は家族経営で、父母と私の3人が基本で、茶期のみ嫁や姉が手伝いに来てくれます。

その他余談ですがペット兼農耕馬(堆肥)のポニーがいます。



自家製の深蒸し茶を手にする本人

## 2. 栽培の概要

私は茶農家の5代目として生まれ、農業系学部の大学卒業後、自動車の営業を経て、脱サラし就農6年目となります。当園は父の代、20数年前に有機栽培に転換し現在まで続けています。

### 土づくり

お茶は永年作物なので、有機栽培のスタート時はまず慣行栽培に慣れてしまった茶樹の根の改良に重点を置き(転換時の樹齢によるが)、有機栽培に適した土壌へ作り変えることを考えます。そのため当園では、常緑広葉樹の木酢、微生物発酵完熟堆肥、フィッシュソリュブル、その土壌に元々いる有用微生物の培養液を中心に散布しています。

その後は自家製完熟馬糞堆肥、有機 JAS 認証肥料を、少量ずつ何回かに分けて撒くよう心がけています。とくに、一番茶の芽だし肥は慣行肥料とは使用法が違うと考えて、撒き時期は2~3か月早めに行います。あくまで、堆肥の散布には土壌微生物の働きを意識しています。



父より受け継いだ有機茶園



## 病害虫

正直慣行栽培の方から一番驚かれることですが、茶園すべてで 100%収穫可能とは思っていません。もちろん収穫する年もありますが、基本 8 割と考え、面積、管理費、収量などを計算しています。したがって、多少病害虫被害を受けても想定内です。

以上は病害虫対策の考え方ですが、実際、転換後最低 3 年間は我慢が必要です。慣行からいきなり有機栽培への転換は、やはり不自然なので仕方がないと感じています。有機 JAS 認証に関しては使用可能な防除薬、天然成分の資材があるので、それらを有効に活用してもいいと思っています。有機栽培への転換は、徐々に農薬使用量、回数を減らしていくことが近道ではないかとも考えています。

当園は無農薬を理想としているので農薬は使用しませんが、現状では園内の食物連鎖サイクルが確立され、他園に比べ天敵の発生が早く大きな害はありません。

最後に私が最も重要視している方法が物理的防除です。正確な時期は年ごと違いますが、次項の剪枝、整枝で紹介します。

## 剪枝、整枝

まず当園では有機栽培緑茶の製造はほぼ一番茶のみであると前置きさせていただきます。その上で、病害虫と除草に関して私が最も効果的であると感じたのが整枝です。当たり前のことですが、病害虫は暖かく湿度が高い時期に最も増え、柔らかい芽を標的とします。雑草は雨後暖かく日照時間が長くなる時期に増えます。どちらも最大に増えるタイミングで、その原因のひとつかふたつを防ぐことが出来れば対策可能であると思います。

当園で行う整枝のメインは二番茶後のやや深めの整枝です。これは最も病害虫が増える時期に葉層は確保し、茶園内の日照を抑えつつ（除草対策）、かつ、雨の多い梅雨時期に葉数、新芽を無くし（病気対策）、新芽の立ち上がりをあえて遅らせるため（害虫対策）に行います。食物連鎖の出来ている当園では、新芽の立ち上がりを遅らせるやや深めの整枝により、害虫の発生は天敵が充分発生した後になるので、被害が激減しました。

あわせて適度な深刈りが茶園の樹勢回復と、太い枝から新芽がでる芽重型への移行につながり安定化、高品質化へとつながります。

整枝、更新に関して私がバランスを考えるのが、『樹勢と芽数、葉層と病害虫発生量、刈の深さとタイミング』です。これらのバランスから茶園ごと毎年サイクルは決めずに管理をします。

## 除草

物理的に対策しても増えてしまうのが雑草で、私にとって一番の悩みでもあります。これに関しては、ひたすら夏の間は茶園を回り順番に抜いていくしかないのが現状です。茶栽培のコスト面で考えると、有機では農薬代がゼロの分この除草作業のコストだと考え、まわりの茶農家があまり活動していない夏の暑い時期で大変ですが作業に勤しんでいます。



初夏の茶園。左手前にクモの巣が見える

## 品質

お茶の品質は生葉がすべてといっても過言ではなく、有機栽培の茶樹の生育上芽数を増やしては、いい芽が出来ず結果的に品質を落とします。慣行栽培に比べどうしても芽伸びが劣りやすいことも考え、茶園を芽重型にするのが最善であると思います。緑茶に関して品質はこれに尽きます。

すでに紹介しましたように、当園の緑茶はほぼ一番茶のみです。ただし、樹勢のいい茶園限定で二番茶、秋冬番茶を紅茶などの発酵茶の製造に当てています。これらの品質においては害虫の役割が大きく、有機栽培茶園ならではの個性あるお茶が出来るので、品質に満足しています。



今年の自園の芽重型の茶葉

## 3. 流通・販売

有機栽培において自園・自製・自販の一番の醍醐味と強みがこの販売だと感じます。当園は小さな茶農家なので可能となる面もあるかと思いますが、小売に関して有期限定のファーマーズマーケットを中心に対面販売を心がけ、そこからさらに紹介、口コミでつながって広がってというのが現状です。そこには有機栽培だから出来るそれぞれのストーリーがあり、そんな栽培をしているからこそこの商品が欲しいと言ってくれるマーケットがあります。

ではここで当園における販売比率と収量を簡単に紹介したいと思います。

まず収量に関してですが、1番茶は10aあたり300kgからスタートし、だいたい600kgで終わります。平均にすると毎年400kg台となります。この収量をどう受け止めるかは考え次第ですが、現状当園の有機栽培においてこのくらいとお考えください。

そして販売比率ですが、年々増加しておりますが、現在荒茶出荷に対し3割ほどとなっております。

今の茶況は10数年前と比べるとそこそこどころか、底の底と感じている方も多いですが、私は昔の茶況を知りません。経験もしていません。ですがマーケットの広がりを目に見えて感じています。これから海外という需要もあります。その流通に乗れるスタートラインに立っているのは有機栽培です。目をそらすか、目を向けるかだけだと思います。

最後に余談ですが、私のように楽しんでいる若い茶農家が菊川にはいます。お茶に夢を持ち未来を創っていく『茶夢来（さむらい）』です。私たちはお茶の楽しさ可能性はまだあって、お茶を知らない人もまだまだ多くて、それならみんなに知って感じてもらいたい。この一心で、イベント開催やPR活動、また若手の意識改革、啓発を行っております。菊川から創る次世代へつなぐお茶の波にぜひご注目ください。



自園の製茶施設

私の思う有機農業も同じ考え方で、きっと誰かだったり、環境だったり、まわりのことを考えて創り上げていけるからこそ、おもしろく、やりがいがあるのです。



自家製製品の深蒸し茶や古代米



## 鶴田有機農園の概要

### 1. はじめに

1994 年設立。代表は鶴田ひとり。資本金 1500 万円。役員 5 名、従業員 14 名（うち 1 名研修生）。柑橘園 14ha、9 団地。販売品種 20。9 月の早生レモンから翌夏 7 月の河内晩柑まで周年（長期間）出荷。主力品種は不知火、甘夏、レモン、はるかなど。

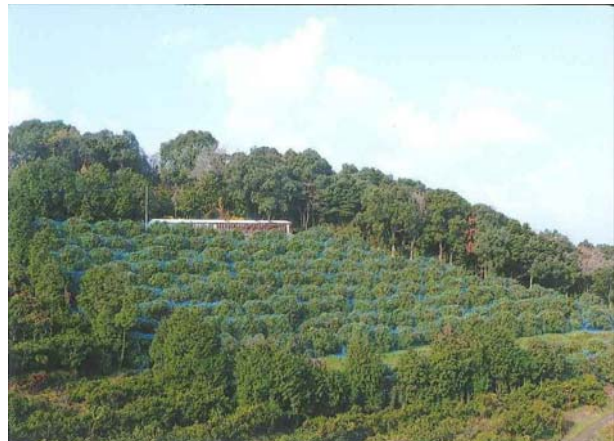
当園のある熊本県芦北町田浦は甘夏ミカンの日本一の産地でしたが、現在は面積が最盛時の 3 割に減り、廃園が目立っています。原因は、地形上急傾斜園地が多く、機械化や作業効率が悪いこと、開園し全盛期を担った第一世代が高齢化して引退したこと、甘夏や次に導入した不知火などの売上げが低迷していることなどです。

その中で鶴田有機農園は、高齢化した経営者の園地を引き受けたり、自園の隣接地を説得してまとめ、園地改造し新植したりとの規模拡大方針をとっています。少しでも園地の維持や当地方の柑橘経営に希望を持ってもらえるように努めています。

また、都会で農業、特に果樹栽培に興味を持つ新規就農希望者を研修生や職員として受け入れ、技術修得の上、独立や圃場支配人として担える人材の育成にも取り組んでいます。



不知火（デコポン）の収穫期（1 月中旬～2 月下旬）



斜面を利用した柑橘園（不知火）290a の一部

### 2. 病虫害防除

| 病虫害          | 防除時期  | 防除頻度  | 有機 JAS 栽培       | 減農薬栽培               |
|--------------|-------|-------|-----------------|---------------------|
| そうか病         | 5～7 月 | 多発時のみ | イオウフロアブル        | デランフロアブル            |
| 黒点病<br>かいよう病 | 6～7 月 | 定例    | IC ボルドー<br>マシン油 | +混用で<br>ジマンダイセンなど   |
| カイガラムシ類      | 冬期    | 定例    | マシン油            | マシン油または石けん<br>液     |
| ダニ類          | 夏期    | 多発時のみ | マシン油            | マシン油または石けん<br>液+ダニ剤 |
| 天牛           | 7～9 月 | 定例    | バイオリサ           | バイオリサ               |

### 3. 除草

肩掛け式草刈り機にて年間 4～5 回刈り払い。



#### 4. 施肥

モグラA堆肥(20kg 袋)を3月、6月、9月の年3回に分けて10aあたり20～35袋(甘夏30袋)を草の上から手散布で施用。

#### 5. 栽培品種と面積

温州(40a)、レモン(205a)、甘夏(130a)、はるか(195a)、不知火(380a)、せとか(70a)、ネーブル(40a)、セミノール(55a)、みはや(60a)、津の輝(100a)、なつみ(45a)、その他9品種(55a)

## 参考資料

耕地生態系を支える構成要素と機能  
耕地生態系の機能を高める有機栽培技術の基本  
果樹の有機栽培実施上の課題と対応策  
茶の有機栽培技術  
有機農業の研修受入先をご紹介ください  
有機農業の経営指標をご提供ください  
有機農業に関する相談の問い合わせ先  
「有機農業実践講座」開催のご案内  
有機農業果樹・茶講座 開催一覧



# 耕地生態系を支える構成要素と機能

## 1. 有機栽培と慣行栽培の違い

自然生態系において土壌生成の原動力であり、主体となっているのは、植物や土壌生物である。これら生物量の豊否が土壌の化学的・物理的機能の発現量に大きく関わっていることは、土壌学、生態学、生物学、地球科学等の各学問分野における広範な研究によって、明らかにされてきている。従って、地上部と地下部の生物量を高めることにより、ある一定レベルまで土壌の「植物生産機能」を高めることが可能である。

しかし、農業という経済活動においては効率性、作業性が重視されることから、単位面積当たりの収穫量を短期間に増加させ、大きさや外観品質、食味を向上させるための栽培技術が発達し、育種もそれを前提に行われてきた。すなわち、養分が不足すれば化学肥料を与え、土壌が固くなれば耕起を行い、病害虫が発生すれば殺虫剤や殺菌剤を散布し、雑草が養分や日光を競合すれば除草剤を散布するという技術である。これらは「速効性が高く」、栽培上の「問題点をピンポイントで解決」でき、さらに農家にとって特に「高い技術は必要としない」ため、すぐに普及拡大し、近代的な栽培技術として次々に採用されてきた。これにより 20 世紀後半から、作物を高収量で安定的に生産できるようになってきた。

このため、現在のほとんどの農家には、土壌の機能が、「土壌養水分を蓄える培地」か「植物を支える支持体」程度にしか認識されていないのではないかとさえ危惧されるほど、「本来の土づくり」がおろそかにされているように見られる。各都道府県の土壌改良目標においても、土壌の化学性、物理性に重きが置かれ、土壌生物に端を発する土壌機能についての指標は僅少である。

一方、有機農業は、「土壌が本来有する機能を発現させる」ことが基本となっており、慣行栽培に取り入れられてきた上記技術は基本的に行えない。そのため、有機栽培農家は「緩効的あるいは遅効的」であり、「総合的に問題点を解決」し、「農家の技量や知識に依存する」農業技術の修得が必要となってくる。従って、慣行栽培に慣れ親しんできた農家が有機栽培を行うに当たっては、初めて直面することが多く、迷いが多いことは容易に推測される。

そのため、有機農業を理解するにはまず、耕地生態系や土壌機能の複雑な関わり合いについての知識を学び、理解することが肝要である。現在、有機栽培を実践している農家は、栽培を通して土壌の変化、作物の反応（生育、収量、品質、病害虫など）等を観察・記録し、その土地に最も適した有機栽培体系を模索しながら構築してきている。また新しい有機農業技術の導入を試行錯誤しながら取り入れて適用性について検討を行っている。

現在の有機農業技術レベルは、化学肥料や化学合成農薬を施用しなかった昭和初期の栽培方法に戻っているわけではなく、分子生物学、生化学、物理学、植物学、動物学、昆虫学、微生物学、土壌学、作物学、園芸学、生態学などの各学問分野において、分子、組織、個体、個体群、生態系の各レベルで長年研究が行われ、「自然の本質」を追求することによって得られた研究成果によって、有機農業技術のメカニズム、適応性や有効性の範囲が明確になりつつある。



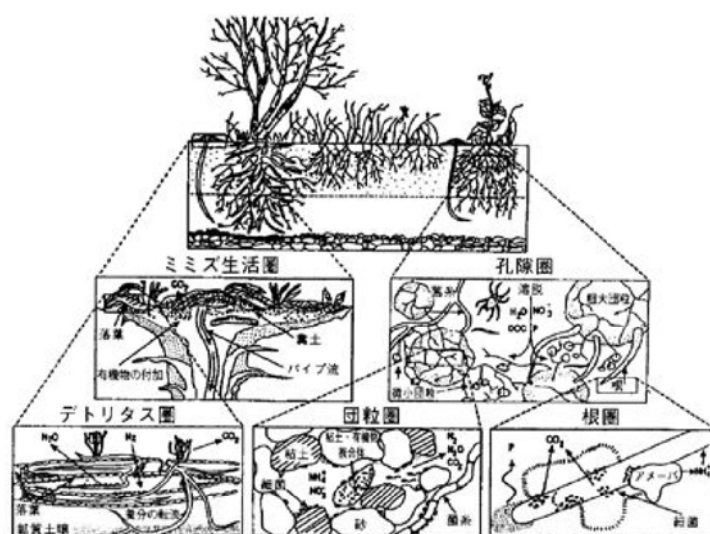
以下本項では、有機農業の可能性について理解を深めることを目的として、有機農業技術の基礎をなす自然生態系機能のうち、主として有機栽培の土壌管理技術を支える研究情報を中心に紹介する。

## 2. 土壌動物の機能

土壌中には種々の生物が存在しており、大きく土壌動物と土壌微生物に分かれる。土壌動物のバイオマスは、土壌微生物より少ないが、土壌の物理性の向上と維持という面では、なくてはならない存在である。金子（2007）は、既存の土壌動物生態研究を引用し、自然土壌、いわゆる「発達した土壌」は、生物によって作り出される様々な機能的な場（Domain）を構成していることを説明している。

- ① デトリタス圏（落葉層で細菌やカビによる有機物が進行する。土壌動物の餌となる。）
- ② 根圏（根から糖類やアミノ酸などの形で微生物に利用しやすい炭素、窒素源が供給され、微生物が増加する。また根や根に共生する菌根菌が土壌から水分と栄養塩類を植物に運ぶ。）
- ③ 土壌孔隙圏（土壌の隙間は土壌生物のすみかとして重要な意味を持つ。）
- ④ 団粒圏（保水と排水の両方の機能を持つ。）
- ⑤ ミミズ生活圏（土壌に穴をあけるだけでなく、様々な作用を引き起こし、土壌を改変する。）
- ⑥ シロアリ圏（集団で巣を作り、土壌に孔隙をあけ、多量の有機物を移動させる。巣の周辺では栄養塩類の集積が起こったり、他の土壌動物の生息が変化したりする。）
- ⑦ アリ圏（同上）

図Ⅰ－１は、上記①～⑤のドメインを示している。このように土壌を巨視的から微視的まで階層的に見ると、多種多様な生物が、それぞれの生活空間を確保し、物質循環と複雑な生物相互作用を行っていることが分かる。金子（2007）は、土壌が土壌として存在・維持されるには土壌生物の働きが必須であり、土壌動物の機能は特に重要であると述べている。

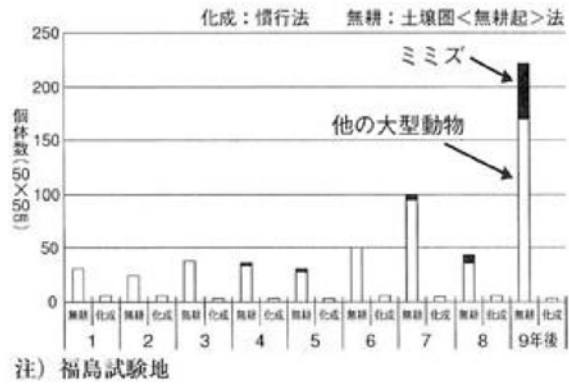


図Ⅰ－１ 土壌の生物多様性が生態系の構造と機能に階層的に影響する因子（金子 2007）  
各ドメインは、ミミズ生活圏（Drilosphere）、土壌孔隙圏（Prosphere）、デトリタス圏（Detritusphere）、団粒圏（Aggregatusphere）、根圏（Rhizosphere）。

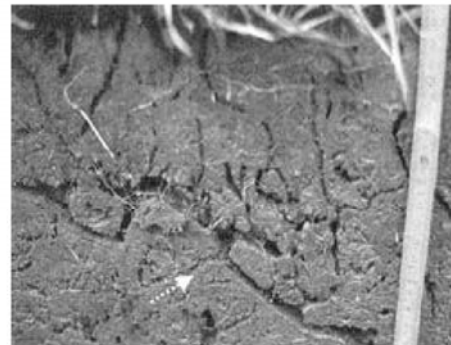
このような多種多様で豊富な土壌動物を増加させるためにはどうしたらよいかが、中村（2005）は、不耕起、無農薬、前作残渣被覆、雑草刈取り放置でダイズとオオムギを9年間栽培し、土壌中の大型動物の数と種類を詳細に追跡している。その結果、不耕起無農薬栽培区のヒメミミズとササラダニの種数と個体数は、実験開始1年目から慣行栽培区に比べて高く、その後も経過年とともに増加する傾向が見られた（図I-2）。ミミズの数4年目から増加し、9年目には1㎡当たり200個体以上になっていた。

農耕地土壌にミミズ（大型ミミズ）が出現すると、その他のヒメミミズ、トビムシ、ササラダニ及び他のダニの個体数を増加させる（図I-3）。これはミミズが土壌中に作るミミズ孔が重要な役割を果たしているとされている。ミミズ孔の壁にはつやつやした層（厚さ1~2mm）が形成される（写真I-1）。この層にはミミズの粘液がしみ込んでおり、微生物が繁殖し、微生物食性のトビムシやセンチュウが多く、中村（2005）は、ミミズ孔が土壌生物の世界を創っていると説明している。

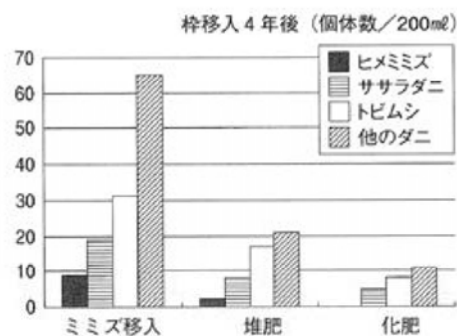
有機物とともにミミズを入れて作物を栽培すると、ミミズ無投入区に比べて収量が高くなる（中村2005）。これはミミズ孔による巨大な通気孔や透水孔を形成すると共に、ミミ



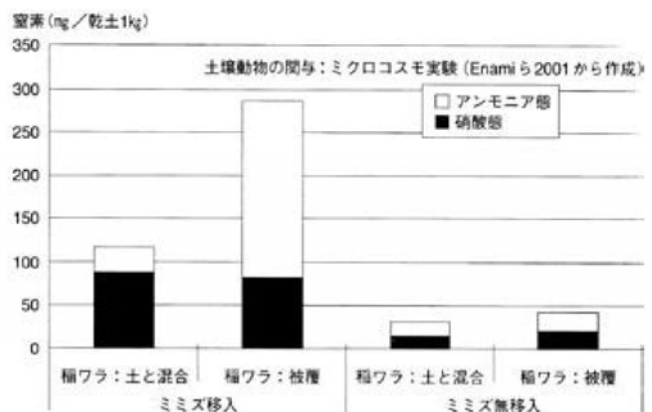
図I-2 不耕起・無農薬・前作残渣被覆・雑草刈り取り放置処理（無耕区）と慣行栽培処理（化成区）が土壌中の大型土壌動物個体数の年次変動に与える影響（中村2005）



写真I-1 ミミズが地中で動き回ることによってできるミミズ孔（中村2005）



図I-3 ミミズ移入による土壌動物数の効果（中村2005）



図I-4 ミミズの移入による窒素の変化（中村2005）

表 I-1 センチュウの食性による分類と生態（岡田 2002 より作表）

|       |                                                                                                             |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 肉食性   | 大型で口腔に歯を持ち、他の線虫や微小動物を食べる。                                                                                   |
| 雑食性   | 太い口針を持ち、有機物粒子や単細胞藻類等を飲み込む。                                                                                  |
| 細菌食性  | 口針がなく、土壌水分中の細菌を飲み込む。3 日で 1 世代を経過するなど増殖が速い。土壌の他、有機質堆肥中にも生息する。                                                |
| 糸状菌食性 | 口針を菌糸に突き刺して養分を吸収する。細菌食性に次いで増殖が速い。有機質堆肥にも生息する。一部の種は、植物病原菌に対する防除資材として利用されつつある。                                |
| 植物食性  | 口針を植物根に突き刺して養分を吸収する。根の内部に進入して植物体全体の生育を阻害するネコブセンチュウ、シストセンチュウ、ネグサレセンチュウなどから、根の周辺にとどまり、根毛を摂食する程度のものまで程度も様々である。 |

ズ糞が団粒構造を発達させるなど、土壌物理性を向上させたことに加えて、土壌養分供給能力を向上させる化学的效果があることも認められている。土に稲わらを表面施用と鋤込み施用を行い、それぞれにヒトツモンミミズを入れたところ、ミミズを入れた処理区で土壌中の無機態窒素量が増加していた（図 I-4）。またミミズを投入した場合であっても、稲わらを土壌中に鋤込むよりも被覆した方が、効果が高く現れていた。これは、ミミズを介した有機物分解は、ミミズの生態特性によるものが大きく、自然状態と同様に粗大有機物は土壌表面に施用した方が、効率が高いためと考えられる。ミミズは地表の有機物を孔の中に引き込み、摂食、消化し、廃棄物により低分子化された窒素化合物が土壌中に放出している。すなわち果樹及び茶の有機栽培において、施用した有機物の肥効を高めるためには、土壌動物のすみかとなる植物残渣を土壌表面に施用し、さらにその地域に生息するミミズを積極的に投入することが一つの肥培管理技術として有用と考えられる。ミミズはいわゆるデトリタス連鎖の中では、有機物分解の最初の段階に位置する動物であるため、ミミズの積極投入により、たとえ C/N 比が高く、分解性の低い有機物であっても比較的早期に無機化を促進させることが可能である。

土壌動物の中でセンチュウ類は、ネコブセンチュウ、ネグサレセンチュウ、シストセンチュウなどの植物寄生性のものが作物に加害するので、悪いイメージを持たれている。しかし、センチュウの種類は、調べられているだけで 2 万種に上り、その生態や生活環も多種多様であるが、その実態について多くは知られていない。岡田（2002）は、センチュウを食性から 5 つに分けている（表 I-1）。

このように作物に加害するのは植物食性のみであり、自然土壌では、雑食性、細菌食性、糸状菌食性センチュウが 90% 以上を占めるとされている。また肉食性、雑食性、細菌食性、糸状菌食性のセンチュウは、土壌中の有機物分解に大きな役割を果たしている。さらに病原糸状菌を食べるセンチュウも存在している。細菌食性と糸状菌食性センチュウは、窒素の無機化に大きく貢献していることが分かっており、種々の C/N 比をもつ有機物を施用し、センチュウを投入すると無機態窒素濃度が高くなり、しかも C/N 比が高くなっても、窒素無機化速度があまり低下しないので、ミミズ同様、土壌肥沃度の向上に貢献していると言える。

岩切（1986）は、花崗岩、三紀層、玄武岩の母材の異なる 3 地点のミカン園において、除草剤（プロマシルとパラコート）を連用している園と除草剤無使用園のセンチュウを調査している。その結果、全ての除草剤連用園では、植物寄生性センチュウの割合が高く、

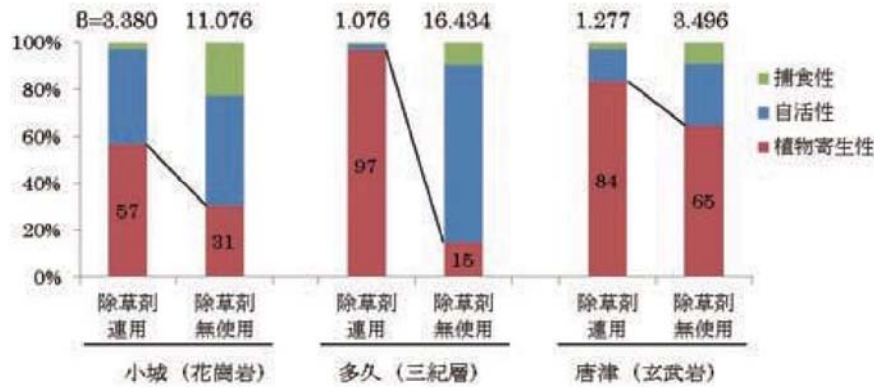


図 I-5 センチュウの食性割合 (0~10cm 土壌 100mL 当たり、1974 年 10 月 28 日)

(岩切 1986 より作図)

多様性指数  $\beta = \frac{N_i(N_i-1)}{\sum n_i(n_i-1)}$  ただし、 $N_i$  は総個体数、 $n_i$  は第  $i$  番目の個体数とする。

中でもミカンネセンチュウが圧倒的に優先していた (図 I-5)。一方、除草剤無使用園では、植物寄生性センチュウの割合は 3 地点の全てにおいて減少しており、その代わりに植物に無害で土壌生成や養分循環に寄与する自活性センチュウ (雑食性、細菌食性及び糸状菌食性) と捕食性センチュウの割合が増加していた。またセンチュウの多様性指数が高いほど、植物寄生性センチュウの割合が低下していた (図 I-6)。このことから、除草剤を使用せず、ミカン園を雑草草生管理することが、土壌中の生態系を量、質ともに豊かにし、センチュウの多様性を高めたために、植物寄生性センチュウ割合が減少したものと考えられる。

土壌中には肉食性センチュウだけでなく、原生動物、ミミズ、クマムシ、ダニ、甲虫等多種多様な動物が生息しており、これらの一部はセンチュウを捕食して生活している (写真 I-2)。センチュウは土壌中の個体数が多いことから、多くの土壌動物の餌ともなっており、有機栽培の果樹園における土壌養分動態に対する影響も大きい。

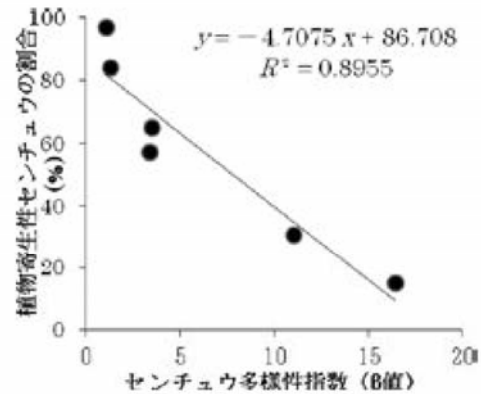


図 I-6 センチュウの多様性と植物寄生性センチュウの割合 (岩切 1986 より作図)



写真 I-2 センチュウ (左) を食べるクマムシ (右)  
(中村 2005)



土壌動物の中で、トビムシは中型乾性動物類の中で、サララダニと共に密度が高いため、「土のプランクトン」と言われており、様々な動物の餌となっている。一方、トビムシは病原性糸状菌を摂食することにより、病害を抑制する機能を有している。中村（2005）によれば、寒天培地上に病原糸状菌を繁殖させ、トビムシをその容器に入れると、表面の菌糸を移動しながら摂食し、その行動様式はトビムシの種類や病原糸状菌の種類によって異なるとい



写真 I-3 アズキ白紋羽病菌を食べ、病害発生を防ぐアイロハゴロモトビムシ  
(中村 2005)

う。例えばアイロハゴロモトビムシは、白紋羽病菌を培地表面がツルツルになるほどに食べるが、培地は食べなかった（写真 I-3）。ヒダカホルソムトビムシでは、菌糸を食べ終わった後に、菌糸の増殖により変色した培地を食べた。土壌中において、菌で育ったトビムシは根の周囲を徘徊し、菌糸を食べるが根は食べない。これを応用してトビムシ移入実験をしたところ、キュウリつる割れ病（開花まで）、ダイコン萎黄病（発芽から 3 週）、キャベツ苗立枯病（発芽から 3 週）、アズキ白紋羽病（発芽から 3 週）の感染抑制が確認されている（中村 2005）。

### 3. 土壌微生物

土壌中に最も多量に存在している生物は、微生物である。土壌中に生息する微生物の種類は、分類学上も進化過程においてもかなり広範にわたっている。原核生物では真正細菌と古細菌、真核生物では菌類と原生動物に大きく分類される。細胞の大きさは  $0.2 \sim 10 \mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 0.001\text{mm}$ ) と小さく、代謝活性は非常に高く、栄養やエネルギーの獲得方式も多岐にわたるため、土壌中の化学変化の中心を担っている。繁殖力が旺盛で、例えばブナの葉 1 枚を分解する糸状菌の菌糸長は 5000m とも言われる。土壌微生物の作物生育との関わりに関する一般的な機能については、次節で解説するので、ここでは有機栽培に特徴的なことを紹介する。

岩切（1986）はミカン園での除草剤影響試験において微生物相の検討を行ったが（図 I-7）、除草剤を使用

すると微生物相からみると好ましくないカビ型土壌になり、（放線菌+細菌）／糸状菌で計算される指数が低くなった。さらに糸状菌フロラはペニシリウムやアスペルギウス属などが減

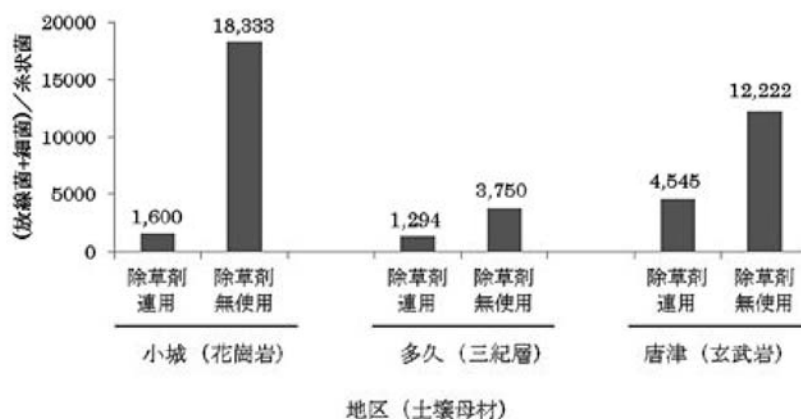


図 I-7 糸状菌に対する放線菌と細菌の比（岩切 1986 より作図）

り、土壌病害菌種が多いフザリウム属の比率が増加している。これは、除草剤使用による園地への有機物還元量の低下、表層土壌団粒の崩壊、土壌 pH の低下、地温や土壌水分の変化による土壌性状の悪化が主因と考えられている。一方、除草剤未使用の園では（放線菌+細菌）／糸状菌の指数が高く、病害発生が少ない、健全な土壌微生物相を形成しているとみられる。

このように、除草剤の使用は土壌生物の減退を導き、土壌微生物相を病害に侵されやすい環境に導くことがある。一方、有機栽培では除草剤が使用されないため、植生が存在し土壌に有機物が蓄えられ、土壌生物が豊かになり、土壌微生物相もカビ型になりにくいと考えられる。

#### 4. 菌根菌

糸状菌には、植物の根に共生して土壌からリンなどの養分を吸収し、宿主植物に供給すると共に、植物からは光合成産物などを獲得しているものがある。一般に菌根菌と呼ばれ、植物に感染することにより、養分吸収能力が飛躍的に向上するほかに、耐乾性、耐塩性、耐病性などのストレスにも強くなると言われる。宿主、菌種、形態から、アーバスキュラー菌根、外生菌根、内外性菌根、エリコイド菌根、アーブトイド菌根、モントロポイド菌根、ラン菌根の 7 つに分類されており、陸上植物の約 8 割は、いずれかのタイプの菌根を形成していると言われている（日本生態学会 2011）。菌根菌と植物の関係については、すでにデボン紀から植物と菌根菌の共進化が始まっていることが、分子系統樹を照合することにより明らかになっており、植物が過酷な環境下でも生育を可能にしてきた鍵となっている。果樹においてもほとんどの樹種で菌根菌が感染することが知られている（写真 I-4）。有機栽培では、肥料が有機態であるため、一旦、土壌微生物による分解を受けてから植物に供給されるために、肥効が遅いことが問題となる。しかし、菌根菌の感染によって、吸収しにくい有機態養分を効率よく吸収できると考えられる。



写真 I-4 クリの菌根（石井 2007）

上：アーバスキュラー菌根（60 倍拡大）

下：外生菌根（20 倍拡大）

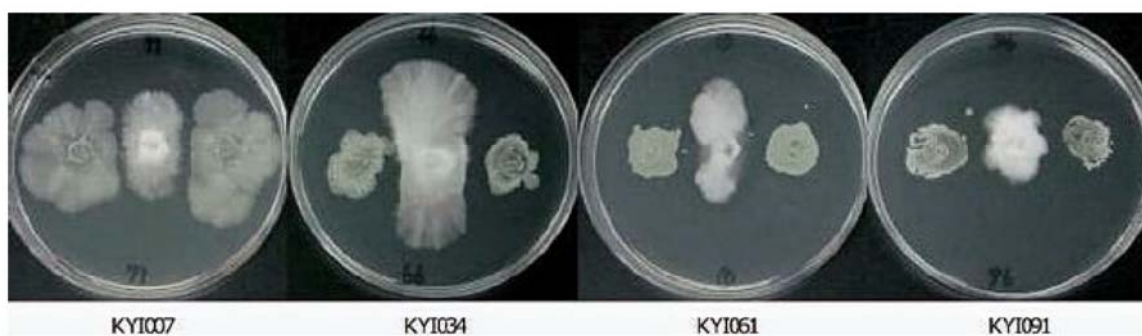
菌根菌の興味深い特長として、「菌根ネットワーク」が挙げられる。菌根菌は、宿主範囲が広いために、近隣に 2 つの植物が存在すると、両方に感染してしまい、2 つの植物がつながる状態が生じる。これが「菌根ネットワーク」である。その場合も、それぞれの宿主植物から光合成産物を受け取り、土壌から必要な養分を菌根を介して宿主に供給するが、例えば宿主 A が窒素不足の場合は、マメ科植物の根から窒素化合物を受け取り、宿主 A に供給したり逆に宿主 A の近くに存在するリンをマメ科植物に供給していることが明らか

になっている。光合成産物も同様に他の宿主に供給されるという。このような互助システムは、植物の安定的な養分吸収に大きく貢献していると考えられている。

このような機能性の高い菌根菌ではあるが、菌根菌が宿主に感染しにくかったり、機能が低下する場合がある。その原因の1つは土壌への殺菌剤散布であり、感染率が半分以下になる例もある。2つ目は、土壌中の可給態リン酸濃度が50ppmを超える場合には、感染率が大きく低下する。これについては現在、植物ホルモンであるストリゴラクトンの根からの分泌量が減少して、菌根菌の感染誘導を行わないためと説明されている。以上、2つの菌根菌の感染抑制因子については、有機果樹作では生じにくい状況であると考えられ、菌根菌は有効に機能しているとみられる。菌根菌は、政令指定の土壌改良材として登録され、有効性が確認されており、育苗時に優良菌株を接種することが効果的である。またナギナタガヤなど草生栽培は、土壌中の菌根菌密度を高め、果樹根への感染率を高めることが明らかとなっている。

## 5. 病害拮抗微生物

土壌微生物は、他の生物と同様に土壌中で生存するための戦略を持っている。土壌中では、栄養や生息空間の競争が生じており、特定の微生物は抗菌物質を生産していると考えられている。最もよく知られたものは抗生物質であり、産業的に多量に生産されているが、土壌中における生産量についての知見は、根圏などの限られた範囲でしか得られていない。しかし、植物病害を抑制する働きのある多くの微生物が単離されている。石井(2007)は、ナギナタガヤとバヒアグラスが果樹の重要病害である白紋羽病菌の生育を阻害したことを報告している。メカニズムについては、それぞれの草種組織から分泌・揮発する物質などを検討する必要があるとしているが、これらの草種には拮抗菌が生存していたことを明らかにした。拮抗菌と白紋羽病菌を対峙培養すると明らかに阻害効果が見られる(写真I-5)。なお、実際の発病抑制効果については、今後明らかにしていく必要がある。



写真I-5 ナギナタガヤ及びバヒアグラスから分離した白紋羽病菌にたいする拮抗微生物(石井2007)

中央に白紋羽病菌を、その左右に拮抗微生物を置床した(培養4日後)。

## 6. 窒素固定

窒素養分は植物にとって必須であり、植物が生育する上では最も欠乏しやすい元素である。特に農業において窒素養分は、収量や品質に大きな影響を及ぼすため、農業者による肥培管理の中心となっている。

自然界では窒素施肥は行われていないが、植物は土壌等から窒素養分を吸収し、生育しており、その給源のほとんどは窒素固定であると考えられる。窒素固定は、微生物がATPを



用いて大気中の  $N_2$  ガスをアンモニアまで還元して体内で同化するものである。植物は微生物が同化した窒素を吸収したり、共生関係にある場合はアミノ酸やウレイドなどの形態で直接、微生物から供給されていることが明らかにされている。

窒素固定は、土壌中の窒素濃度が高い時には行われない。これは窒素固定の主体であるニトロゲナーゼ酵素の活性阻害レベルやニトロゲナーゼ遺伝子の発現レベルなど、各段階において制御されているためである。つまり土壌中の硝酸態窒素やアンモニア態窒素濃度が高いと微生物は窒素固定を無理に行わず、土壌中の無機態イオンを吸収するのである。さらに無機態窒素濃度が高い時には、窒素固定菌であっても脱窒を行い、土壌中の無機態窒素濃度レベルを下げるものまで存在する。

サトウキビは窒素固定菌をエンドファイト（内生菌）としていることが知られており、植物体内で窒素固定が行われている。図 I-8 はサトウキビ 3 品種を用い、硝酸態窒素の添加を途中で中止した時に窒素固定が回復し、窒素固定寄与率（固定された窒素が全窒素中に占める割合）にどの程度影響を与えるかを調べた結果である（西口ら 2005）。硝酸態窒素を 90 日間与え続けると窒素固定由来の窒素は、3 品種とも 10% 程度であるが、栽培途中で硝酸態窒素の供給を停止すると品種間差は見られたが、窒素固定の抑制要因がなくなり、大幅に窒素固定量が高まった。このように窒素固定は無機態窒素濃度により鋭敏に反応し、コントロールされている。

慣行栽培においては、アンモニア態窒素を中心とした施肥が行われており、土壌中の無機態窒素濃度が比較的高いため、窒素固定は行われにくいと考えられている。窒素固定が効率的に行われるのは、マメ科植物と根粒菌の関係であるが、ダイズ慣行栽培においても、根粒着生を促進するために、優良な根粒菌の接種と窒素肥料の減肥はセットで考えられている。

有機栽培においては、有機物が分解してアンモニア化成が行われ、さらに硝化によって硝酸が生成するため、土壌中の無機態窒素濃度は比較的低く安定して推移していると考えられる。このため、窒素固定を阻害及び抑制する要因は低く、窒素固定菌の基質は多く供給されるので、窒素固定活性は高いと考えられる。しかし、高温時に易分解性有機物を多量に施用した場合は、化学肥料を施用した場合と同じ状況になるため、窒素固定が阻害されることはあり得る。

## 7. リン溶解菌

リンは石油と同じように有限資源であり、資源枯渇が叫ばれている。リン資源国であるアメリカや中国の輸出制限や生産コストの増加、それに伴う価格上昇は、リン資源を 100%

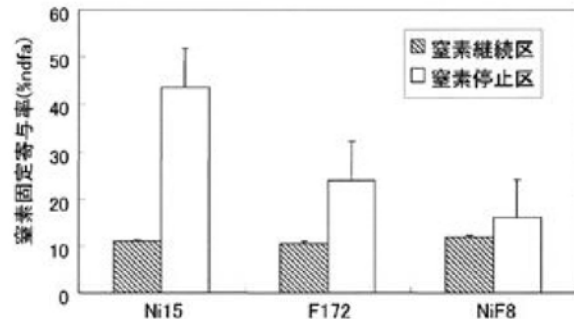


図 I-8 サトウキビ3品種において硝酸態窒素の添加が窒素固定寄与率に与える影響  
(西口ら 2005)

窒素継続区：0.5mM  $KN^{15}O_3$  を 90 日間継続施用  
窒素停止区：後半の 45 日間を無窒素で培養 垂線：標準偏差



輸入に依存している我が国にとっては喫緊に解決すべき大きな問題であり、リン資源の有効活用とリサイクルは将来にわたる必須課題である。

リンは、土壤に施用されるとその多くがカルシウムやアルミニウム、鉄などと結合して不可給態化する。また植物に一度取り込まれたリンもフィチン酸の形態となり、難分解であるため肥効を期待しにくい。さらにリンは過剰障害が出にくい元素であり、農家は毎年多量に施用するので、日本の農耕地土壤には多くのリンが蓄積していると言われる。このような難溶性リンを土壤微生物が溶解し、植物に供給していることが明らかになっている。リン溶解菌には硫黄酸化細菌、硫酸還元菌、有機酸生成菌が含まれるが、果樹栽培では有機酸生成菌が働くものと考えられる。

西尾・木村（1986）は、有機酸生成型のリン溶解菌を利用したリンの溶解・供給技術を開発した。土壤にはすでにリン溶解菌が多く存在している。そこに易分解性有機物を施用すると、リン溶解菌が急速に増殖して有機酸を生成し、土壤中の不可給態化したリン酸塩を溶解する。溶解したリン酸はその近隣の通常微生物にも吸収されてバイオマスリンに変換される。やがて微生物が死滅すると、自己溶解が生じ、核酸やリン脂質などの比較的吸収性の高い化合物が細胞外へ放出される。菌根菌菌糸が近くにあれば、それらのリン化合物を効率的に吸収できるということになる。有機栽培では、易分解性有機物を施用することも多いので、この技術は利用しやすく有用と考えられる。

有機態リンのほとんどはフィチン酸の形態をとるが、土壤に生息する糸状菌の多くが強いフィターゼ産生能をもっている。フィターゼはフィチン酸を分解する酵素であり、フィターゼ高生産菌分離株と作物残渣や緑肥作物、雑草などの植物資材を組み合わせることで、フィチン酸分解菌の密度を高め、有機リン分解活性を向上させることが可能である。

## 8. 土壤酵素

これまで土壤中の生物が耕地生態系を形成すると共にお互いにバランスを保ち、土壤中の物質循環を担っていることを解説してきた。しかし、生物でないものも物質循環に関わっている。それが土壤酵素である。土壤生物は植物根を含めて、死滅すると自己消化あるいは微生物分解により細胞内容物が土壤中に放出される。その中には各種の土壤酵素が含まれている。また土壤微生物が菌体外酵素として生産している。

代表的なものはタンパク質を分解するプロテアーゼ、糖類の加水分解を行うβ-グルコシダーゼ、リン酸エステルから無機リンを放出するフォスファターゼなどである。これらの酵素は粘土化合物や有機物等に結合して安定化し、活性を呈すると考えられている。

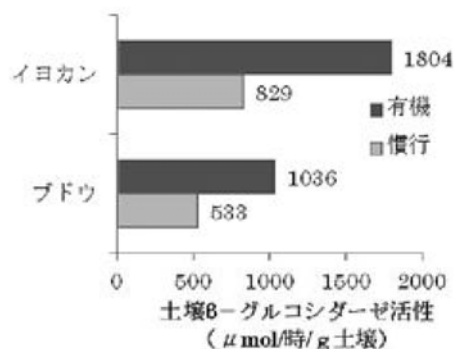


図 I-9 有機及び慣行栽培におけるイヨカン及びブドウ園の土壤β-グルコシダーゼ活性比較

(愛媛大学農学部附属農場の実証調査結果)

図 I-9 に伊予柑及びブドウ園の土壌  $\beta$ -グルコシダーゼ活性の比較を示した。イヨカン及びブドウ園とも有機栽培区の活性が高く、慣行栽培で低下していた。これは有機栽培区の土壌微生物が植物残渣や有機質肥料を分解するために、菌体外酵素を多量に分泌していることを示していると考察される。各土壌酵素活性と土壌肥沃度との関係を解明する研究も行われており、 $\beta$ -グルコシダーゼ活性は、比較的相関係数が高いとされている。

## 9. 耕地生態系を活かす有機栽培への期待

土壌微生物の機能は、土壌肥沃度を左右する重要な因子であるため、長年、土壌微生物研究が進められ、その中で種々の有用な微生物の特性が明らかになり、農業技術として利用されてきた。しかし、研究が進むにつれて、低栄養微生物や培養ができない微生物の存在が明らかとなり、さらにそれらの微生物が土壌微生物の多くを占めることが分かってきた。

一方、遺伝子解析を基礎とする分子生物学の技術革新が急速に進み、生物のポテンシャルを遺伝子で解析できるようになってきた。今までブラックボックスであった土壌微生物の世界に新たな光が差し込み始めている。例えば、FISH 法は細胞の形態や分布などの位置情報を残したまま、特定の機能（遺伝子）を持っている微生物だけを光らせることができるため、微生物機能と生態の両方の情報を手に入れることが可能となった。また DNA-SIP 法は、安定同位体元素でラベルした物質（基質）を用いることにより、その物質を分解できる微生物だけを選択的に検出することが可能である。さらに土壌微生物全てを検出するメタゲノム解析まで可能な時代になってきた。しかしながら、土壌微生物生態の全体像を解明するには、さらなる研究が必要である。これらの研究成果が有機農業の技術として活用できるようにするためには、官民を挙げた応用研究が不可欠であり、これら基礎・応用研究が加速されることを期待したい。

生物には恒常性を保とうとする能力（ホメオスタシス）があり、免疫機能など、健康な状態に保とうとする機能を備えていることが知られている。一方、自然生態系には、多様な植物、動物、微生物の各生物個体や個体群が、ちょうど細胞組織や器官のように機能を発揮し、バランスを取ることで、ある一定の平衡状態に保つ働きがあることが示されてきている。安定した生態系の中で果樹や茶の栽培を行うことは、作物にとっても好適条件であると言える。永年性作物の有機栽培は、基本的に不耕起であり、土壌表面には有機物が施用され、土壌生物が多量に繁殖・生息するため、野菜や穀物栽培よりも農耕地生態系レベルが高く維持される。しかしながら、病虫害が多量に発生した場合には、生態系のバランスの崩れがないかをチェックし、原因を取り除いたり、管理法を改善する必要がある。また有機栽培農家は、害虫のみならず、多量に存在する土壌動物にも注意し、「農家は土を育て、土が作物を育てる」という意識を持つことが肝要である。

また肥培管理については、土壌が本来有している養分供給能力、作物が本来有している養分吸収能力を最大限に生かすことが、有機栽培を成功させる鍵になるので、長期的な見通しに立った土づくりを行うことが必要である。

## 引用文献

- 1) 石井孝昭（2007）草生栽培と土壌微生物相．農業技術体系 果樹編 第 8 巻 共通技術（草生管理－草生栽培をめぐる新研究）草生管理 3～6-1-8

- 2) 岩切 徹（1986）土壌生物相の変化（樹園地）．農業技術体系 土壌施肥編 第 5-2 巻 樹園地の土壌管理（土壌変化の動態と要因）樹園地 7-12
- 3) 岡田浩明（2002）土壌生態系における線虫の働き:特に無機態窒素の動態への関わり．根の研究 11（1）：3-6
- 4) 金子信博（2007）『土壌生態学入門－土壌動物の多様性と機能－』．東海大学出版会
- 5) 中村好男（2005）『土の生きものと農業』．創森社
- 6) 西尾道德・木村龍介（1986）リン溶解菌とその農業利用の可能性．土と微生物．28：31-40
- 7) 西口友広・清水友・大田守也・佐伯雄一・赤尾勝一郎（2005） $^{15}\text{N}$  同位体希釈法によるサトウキビの固定窒素量の推定．宮崎大学農学部研究報告, 51:53-62
- 8) 日本生態学会（2011）シリーズ 現代の生態学 11 微生物の生態学．共立出版

（本文は、2013 年 3 月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』12～21 ページに掲載されたものを、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである）

# 耕地生態系の機能を高める有機栽培技術の基本

## 1. 土づくりと施肥管理が有機栽培を安定化させるメカニズム

有機 JAS 規格の原則の一つとして、「土壌の性質に由来する農地の生産力を発揮させること」が明記されている。永年性作物の有機栽培においても、土づくりを計画的に行い、チェックし、改良を行うことで、土壌の総合的な生産力が向上し、高品質な作物を安定して生産させることが可能になる。

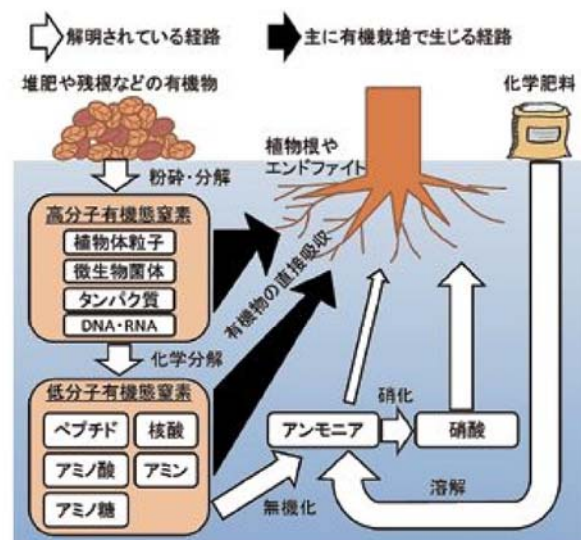
永年性作物の植物栄養学的特徴は、単年性作物と違い作物体（樹体）の葉、茎、根部に養分をある程度蓄積することができる点である。中でも果樹は樹体が大きく養分蓄積量（リザーバー）が大きいため、供給源（ソース）である土壌養分や施肥管理が多少変化しても、単年性の作物ほどには生育や収穫物（シンク）に影響は現れにくい。そのため施肥の省力化を図ることから、一般に施肥回数は単年性作物より少なく、1回の施肥量は多い。しかし相対的に影響が出にくいということは、樹体の養分状態が欠乏状態であったり、アンバランスであったりする場合は、回復や矯正のために、ある程度の長い時間が必要になることも意味する。そこで、安定的に高品質の農産物の生産を行うためには、定期的に樹勢の観察を行い、リアルタイム診断等で養分状態を把握することが必要である。

### 1) 作物による有機態養分吸収

慣行栽培では化学窒素肥料が施用されると、土壌中で溶解し、アンモニア態窒素が放出され、一部は作物に吸収されるが、多くは土壌微生物により硝化作用を受けて硝酸に酸化され、作物に吸収される（図Ⅱ-1）。化学肥料由来の窒素は、土壌中で交換性アンモニアとして一時的な固定、土壌生物による有機化、溶脱や脱窒・揮散にも分配されるが、肥料の溶解から硝化、吸収に至る経路は比較的単純である。このため、速効性肥料であれば、施用後、速やかに作物へ吸収される。このことから生育ステージに合わせて肥効調整を短期間で簡単に行えると言える。また短期的な窒素吸収量が予測しやすいので施肥量

も確定しやすい。このことから、化学窒素肥料施用は土壌中の窒素回転を速めるとともに、作物の収量や品質、窒素利用効率、環境保全等に大きく関わるため、数多くの土壌や作物体系で研究が行われ、詳細な解明が行われて知見が蓄積し、施肥の最適化が進められてきた。

一方、有機栽培においては、施用窒素のほとんどが有機態であるため、複雑な経路を辿ることになる。まず施用される有機質肥料は、種々の堆肥、食品残渣、植物残渣や草生栽培における残根等であり多様である。施用された有機物は、土壌微生物によって化学的に分



図Ⅱ-1 土壌中における有機物及び化学肥料由来窒素の動態（模式図）



解されると共に、ミミズ、トビムシ、ダンゴムシや甲虫の幼虫等の土壌生物によって物理的に粉碎される。この段階は多くの食物網が関わり、代謝回転しているので大変複雑ではあるが、ここでの生産物を便宜上、植物体粒子、微生物菌体、タンパク質、DNA・RNAなどの「高分子有機態窒素」と、ペプチド、核酸、アミノ酸、アミノ糖、アミンなどの「低分子有機態窒素」に分ける。

大きな流れとしては、有機質肥料が高分子有機態窒素に粉碎・化学分解して低分子有機態窒素になり、低分子有機態窒素が化学分解や脱アミノ化によって無機態のアンモニアを生成することが解明されており、あとは化学肥料由来のアンモニアと同様な経路で作物に吸収されると考えられている。

このように有機栽培では、肥料施用からアンモニアに至るまでの経路が複雑であり、多くの生物が関与するため、一般に肥効発現が遅いこと、生物種、気温、地温、水分、酸素濃度などの環境要因によって肥効が大きく変動することから、施用量を確定しにくいと言える。特に開園当初で土壌生態系が確立していない場合は、これらの環境変動が大きく、作物による吸収量を予想しにくい。これが有機栽培導入における一つのハードルになっていると考えられる。

しかし、植物吸収には、すでに解明されている無機化してからの吸収経路に加えて、有機物を直接吸収する経路の存在も明らかになりつつある。現時点ではまだ研究例は限られており、知見は断片的であるが、この有機栽培特有の養分吸収経路の全容が解明されれば、有機農業の植物栄養学的な利点に位置づけられる。

植物根による有機物の直接吸収現象について、1960年に McLaren らは、オオムギがタンパク質であるリゾチウム、リボヌクレアーゼ、ヘモグロビンを植物根が直接吸収したことを報告した。我が国では Nishizawa and Mori (1977) が、水稻根による巨大有機物の直接吸収を報告し、その後一連の研究の中で電子顕微鏡による観察等により、細胞が巨大分子を飲み込むエンドサイトーシス (endocytosis、食作用と飲作用) 過程を詳細に示した (図Ⅱ-2)。まず、ヘモグロビン粒子が細胞膜の外側に付着すると、それを包み込むように細胞膜が内側に陥入する。そしてヘモグロビンを内包する球体が形成される。さらにその球体が液胞 (タイプⅠ) や小胞体 (タイプⅡ) に取り込まれ、溶解酵素によって消化され、植物に利用される。Yamagata and Ae (1996) は、有機質肥料を与えると窒素吸収量が高くなる作物種が存在することを示し、その後 Matsumoto et al. (2000) が、チンゲンサイとニンジンとはタンパク様物質の PEON (1/15M リン酸緩衝液で土壌から抽出される有機態窒素) を直接吸収していること



図Ⅱ-2 水稻根の皮層細胞によるヘモグロビン取り込み機構（食作用）の模式図  
(西沢 1992)

タイプⅠ：ヘモグロビンが細胞膜上に結合すると、細胞膜が陥入して食細胞を形成し、液胞へ入り込み、そこで酵素分解を受ける。

タイプⅡ：ヘモグロビンを持った食液胞が、食作用によって誘導された小胞に囲まれ、そこで分解酵素の作用を受ける。その後、新しい異食作用液胞ができる。

を明らかにした。阿江・松本（2012）によれば、PEON 抗体を用いた実験で、PEON がホウレンソウの根から吸収され、地上部導管部まで達していることを示しており、特定の植物には吸収だけでなく移動経路も存在する可能性が明らかになっている。アメリカでも、土壤中にグロマリン（glomalin）という高分子糖タンパク質の存在が明らかになっており（Wright and Upadhyaya 1996）、1/10M ピロリン酸ナトリウムや 50mM クエン酸ナトリウムで抽出されている。菌根菌が水分や栄養などの生育条件を安定化させるために土壤中に生成していると考えられている。抽出方法、組成、分子量、難溶性、難分解性の点から PEON と同じか近縁の物質である可能性が高い。グロマリンは土壤肥沃度の原動力になっていると評価されているが、グロマリンの植物根による直接吸収についての研究は行われていない。

作物による有機態窒素の直接吸収に関する量的解明においては、Yamamuro et al. (2002) が安定同位体である  $^{13}\text{C}$  と  $^{15}\text{N}$  で同時ラベルした牛糞堆肥を施用して、牛糞由来炭素と窒素の吸収量を測定している。その結果、有機稲作では施用初年度に堆肥由来の炭素と窒素をそれぞれ施用量の 2.16% と 17.2% を吸収していた。トウモロコシはさらに高く、13% と 10% であった。さらに吸収した堆肥由来炭素は主に根部に蓄積しており、エンドサイトーシスによる吸収を支持するものであった。松山ら（2003）は、水田に有機物を 5 年間連用した時の水稻による有機物由来窒素の吸収量について  $^{15}\text{N}$  実験データを元に推測し、有機物を連用することにより有機物由来窒素の吸収量が年々増加することを示している。さらに、植物根の有機養分吸収には、菌根菌やエンドファイト（おもに細菌、菌類などの内生菌）が大きな役割を果たすことが明らかになっている。エンドファイトがハクサイに感染した場合は、牛血清アルブミンタンパク質の他に、ハクサイ単独では吸収しにくいバリン、ロイシン等のアミノ酸の吸収が増加していた。低分子有機態窒素の吸収において、菌根菌やエンドファイトは大きな役割を果たすと考えられる。

さらに興味深いことに、ハクサイ自身が吸収しやすい硝酸やアスパラギン、グルタミンなどを単独施用すると、菌の感染がハクサイの生育や窒素吸収量を逆に低下させることが明らかになっている（成澤 2011）。すなわち化学肥料を多用する土壤では、菌根菌やエンドファイトが感染しにくいので、有機態窒素が存在しても吸収能力が低い、硝酸態窒素を効率よく吸収することができる。逆に有機栽培を行うと、菌が根に感染して、積極的に有機態養分の吸収能力を高めることができる。さらに病原菌の感染を抑制させる効果も高くなる。施用する肥料の種類が異なることで、植物の養分吸収過程が大きくシフトすることを意味するものである。

以上のように、有機栽培圃場において施用された有機物が無機化過程を経ないで、直接作物に吸収されるメカニズムが明らかにされつつある。直接、有機物が吸収されるということは、吸収や代謝時に行われる硝酸の積極吸収や転流、硝酸還元、窒素同化、アミノ基転移などの ATP を必要とする数多くの反応を省略でき、また呼吸により消耗する光合成産物量が節約できるので、植物にとって大変有利と言える。冷害で日照不足の時に有機栽培の作物は収穫量があまり減少しないのは、このことが理由の一つと考えられているが、さらなる学術的な証明が待たれるところである。

果樹での有機物の直接吸収に関しても、上記のメカニズムが働いていると推察される。特に菌根菌やエンドファイトは果樹への感染が認められており、主要な養分吸収経路である

と考えられる。しかし、果樹における研究例はほとんど見当たらない。これは、果樹は永年性作物でありサンプル調製に時間が掛かる、1 サンプル当たり重量が大きい、大きさや形状が揃ったサンプルを作るのが難しいなどの研究上の理由によるものが大きいとみられる。今後、有機質肥料の重要性や有効性が明らかとなり、この方面の研究がさらに拡大深化することにより、永年性作物における有機物の直接吸収機構の研究知見が蓄積されることが期待される。

## 2) 安定した土壌養分の供給

有機栽培においては、施肥として有機質資材を施用することにより、土壌動物による粉碎、土壌微生物による化学的分解が行われ、緩効的に養分供給が行われるが、それと共に植物体の一部は微生物作用や化学的重縮合により腐植物質へと化学変化を受ける。腐植物質の官能基であるカルボキシル基は陽イオン量を保持する能力（陽イオン交換容量または塩基置換容量：CEC）があり、土壌中の CEC は増大する。このことは土壌の基本機能である養分供給機能を増強することにもなるため、安定した果樹生産のための大きな柱と言える。

慣行栽培においても土壌機能の向上は重要であり、有機物施用は必要な土壌管理技術の一つともなっている。しかし腐植の生成には長期間が必要であり、施用有機物が分解・化合を受けて最終的に腐植として残存するのは、施用量の数%と考えられていることから、長期的な視野で土壌改良（地力向上）を目的とした有機質資材の投入を行う必要がある。

## 3) 根域の増加と土壌生物の活性化

果樹は永年性作物であることから、周年、有効土層に根系が広がっているため、基本的に耕起を行えない。いわゆる不耕起栽培であるため、人や作業機等の踏圧により根域が硬化（圧密）してもそれを短時間で回復することは容易ではない。有機栽培では、施肥としての成分の高い有機物の他に、敷きわらなどの有機物マルチや雑草を含むカバークロップを利用することが多い。地表面にある程度の厚さで有機物が存在すると、地表への直射日光の遮断、通気の制限、蒸発の抑制が生じるため、土壌の表層は比較的湿潤で安定した温度環境が維持される。

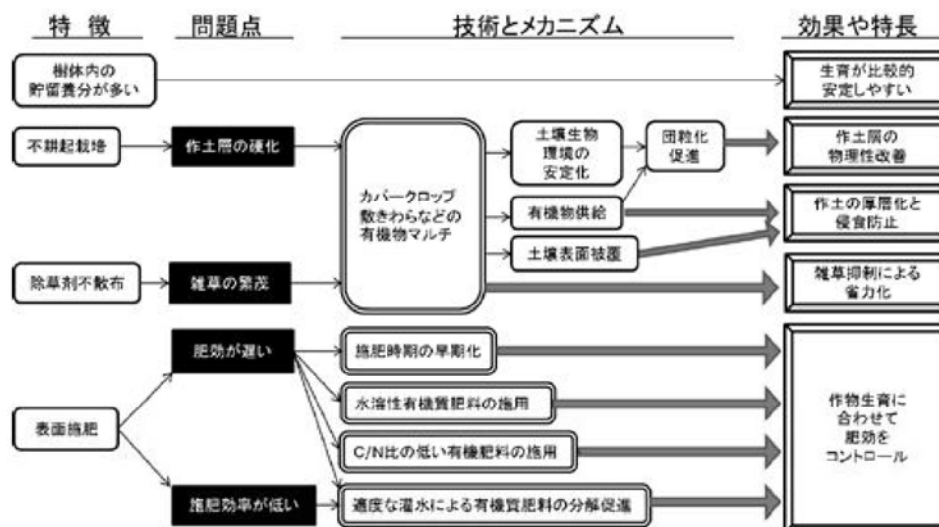


図 II-3 樹園地土壌の特徴、有機栽培における問題点及び解決技術とメカニズム

また、豊富な有機物も存在するため土壌微生物が繁殖する。さらに、植物遺体や微生物を餌とする土壌動物（ミミズ、トビムシ、ダンゴムシ、ダニ類、甲虫の幼虫等）が高い密度で繁殖し、活動を活発化させることにより、土壌中に無数の巨大孔隙（マクロポア）や土壌団粒ができ、いわゆる土壌生物による耕起が行われる。これにより、土壌の物理性（通気性、透水性、保水性、植物根の伸張）が大きく改善される。また土壌生物による耕起はマイルドであり、物理的に作物根を痛める心配はない。しかしこの土壌生物による耕起もやはり養分供給と同様に、長期的な視点からその効果を期待せざるを得ない。そのため既に硬盤層が形成されていて早急な解決が必要な場合には、積極的な土壌物理性の改善方策をとる必要がある。

有機物の土壌表面施用により、上記のプロセスで腐植物質が増加し、団粒化が促進された土壌は、仮比重が低くなることから、体積が増加し健全な主要根群域が上方に形成される。主要根群域は果樹が細根を張り巡らし、養水分を吸収する重要な土壌層位である。さらに細根は代謝活性が高いため呼吸量も多く、通気性が高い健全な主要根群域を作る。このため、健全な主要根群域を深くさせる土づくりが永年性作物の有機栽培での最も重要なポイントの一つとなる。

#### 4) 雑草管理

果樹園における雑草管理については、上述の主要根群域形成や土壌被覆の機能増強を図るために草生に着目した試験研究が行われて高い効果が認められてきた。しかし、慣行栽培においては、単年性作物と同様に養分や水分との競合及び景観の悪化を避けるため、下草や樹冠の雑草管理のために除草剤を使うことが多い。

特に傾斜地では、除草機や草刈機での除草作業が難しいこと、農業従事者の高齢化による労働軽減、省力化等のために薬剤による除草が行われている。除草剤は非選択性の茎葉処理剤が使われることがほとんどで、果樹の葉に飛散しないように散布処理される。薬剤の種類にもよるが接触吸収した雑草は、体内で浸透移行して地上部、根部とも枯死する。そのため土壌表層は露出し、直射日光と乾燥のために土壌生物は減少する。降雨時には、雨滴が団粒を破壊し、粘土が溶解して地下へ溶脱する。この溶脱した粘土は孔隙を埋めたり、層状に蓄積して硬盤層形成の一因になるなど、通気性、透水性を悪化させる原因ともなる。

一方、土壌表層へ分散した粘土は乾燥すると、クラストと呼ばれる土壌皮膜を土壌表面に形成するため、通気性を著しく低下させ、細根の活性を低下させる。また降雨時に水分を地下浸透させず、土壌への水分供給を抑制する。さらに傾斜地では、土壌浸食ポテンシャルが高いため、まとまった降雨があると土壌を保持する植生被覆がないため、初成的なリル浸食、場合によってはガリ浸食に至り、大切な主要根群域土壌を消耗させる危険性が高い。このため慣行栽培であっても、梅雨前の除草剤散布を控える取組もされている。この点、有機栽培では除草剤は使用しないので、必然的に除草対策は機械除草、カバークロップ草生栽培、雑草草生などを行うことになり、程度の差はあるが土壌被覆が存在することになる。従って、多雨時の表層土壌の浸食量は極めて低く、地下への水分浸透量は多くなる。団粒の表面に糸状菌が繁殖し、疎水性を呈する耐水性団粒が形成されているとさらに土壌浸食のリスクは低下する。雑草利用を含めた草生栽培は、雑草による土壌の乾燥や過剰養分の吸収にも利用できるもので、特に登熟期に養水分の供給を制限したい温州ミカンのような果実の場合には、あえて除草作業を行わないことで品質向上を図ることができる。



## 5) 肥効コントロール

化学肥料には成分、肥効特性（溶解特性）、肥効期間、特殊機能、製法や形状等が工夫されたものがあるが、果樹園で通常使用されている化学肥料はシンプルなものが多い。特性として、①水溶性成分が多く（リン酸は水溶性が多く）速効性である、②成分含有量が比較的高い、③複合肥料であっても含有成分数が限られているなどの点が挙げられる。慣行栽培では、これらの化学肥料を使用することを前提にして、果樹の生育が増進し、収量や品質の向上に最も効果的な施肥時期と施肥量を検討し、その地域に適した栽培指針が策定されている。なお、窒素を中心とした養分を多量に施用すると、新梢や新葉の生育量が多く、それに応じて光合成量が増大し、高い収量を得ることができるが、窒素養分過多では登熟が遅く、糖度が低くなるため、品質低下を招く恐れがある。

最近では、果樹の品質向上が至上の課題となっており、出荷時の近赤外線検出器を用いた非破壊品質検査が広がっているため、産地の篤農家は肥料施用時期や量を作物の生長に合わせて慎重に考慮し、ピンポイントで施用している。また生産組合毎に独自の肥料配合のものを用意し、量や時期を研究して設定し、それらの情報を公開していないところも多い。

一方、有機栽培では、有機質肥料を施用するため、その肥効に関しては化学肥料と比較して以下の違いがあるので留意する必要がある。

- ① 基本的に土壌動物や微生物作用による粉砕・分解作用を受けて肥効を発現するので緩効性、遅効性である。
- ② 土壌動物、微生物作用は、温度や水分状態に大きく左右される。
- ③ 有効成分含量が低い。
- ④ 含まれる成分数は動植物の必須成分数以上であり、植物由来のものであればバランスがとれているものが多い。

以上のように、有機栽培では肥料特性が慣行栽培と大きな違いがある。③の成分やバランスについては有機肥料の方が優れていると言えるが、①と②は大きく異なるため、速効性の化学肥料施用を前提に組み立てられた栽培指針に沿って肥培管理を行うと、必要な時に必要な量を供給できない可能性が高い。有機質肥料は種類が多く、分解特性の異なる有機物が混合されている場合もある。厳密なことを言えば材料やロットによっても肥効特性が異なることさえある。このため、肥料自体の情報収集や資材選び、現地での小面積栽培試験によるデータ蓄積も必要である。

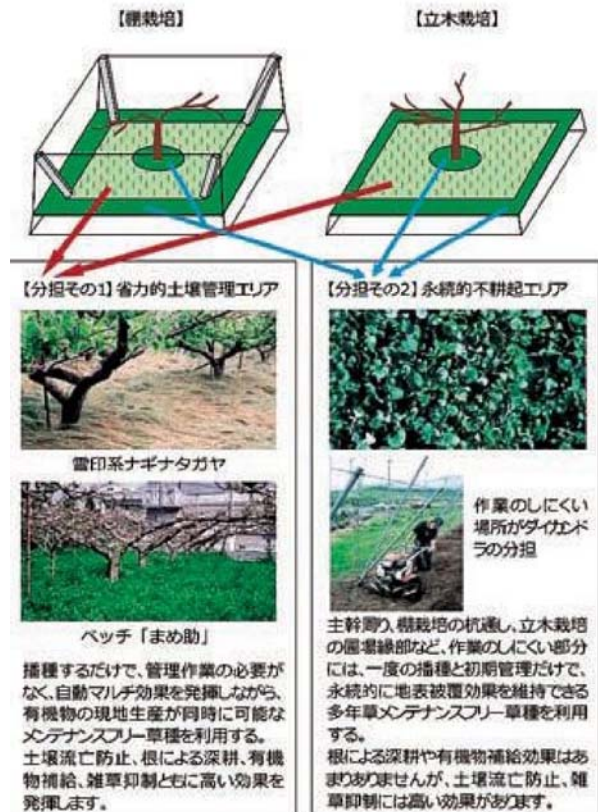
有機質肥料は程度に差はあるが、一般的に遅効性であるため、施肥時期は早めが良い。しかし晩秋～早春にかけては有機質肥料の分解速度が低いため、C/N 比の低い資材や液肥を施用しなければ効果は期待できない。さらに微生物分解と植物体への吸収を促進させるためには、施肥後の適度な灌水も必要となる。気温が高い時期であれば、化学肥料ほど速効性は期待できないが、1～3 週間程度施用を早めることで肥効を合わせることができる。しかしこの場合も、土壌表面がある程度湿っていることが必要であり、乾燥している状態での肥効は期待できない。灌水などで有機質肥料の分解を促進させる必要がある。

## 6) 草生栽培・カバークロップ・土壌被覆

有機農業技術の 1 つである敷きわらは、上述のように①有機物投入による化学的土壌特性の向上、②土壌水分の安定化、③夏季の地温上昇の緩和効果をもたらすと考えられる。草生栽培やカバークロップも同様に土壌を有機物で被覆することから、上記と同様の効果

が期待できるが、さらに、④草生植物根による物理的・生物的土壌特性の向上、⑤表層土壌の保持による土壌流失の防止、⑥雑草抑制等についても、高い効果が期待できる。

草生栽培に用いる草種として、雑草草生やイネ科牧草（イタリアンライグラス、ケンタッキーブルーグラス、ライムギ、エンバク等）が用いられてきたが、近年は、自然枯死等により下草刈りが不要で省力的なものが注目されている。すなわち、これらの草種は作物にとって養水分が必要な時に枯れて、養分競合を生じさせないという利点を持つほか、独特の有効特性を持つ。例えばナギナタガヤは、菌根菌の宿主となり養水分ストレスを緩和し、ベッチ類は窒素固定による養分供給を行い、ダイカンドラは雑草抑制力が強く草高が低いので、それぞれの草種ごとに有効な使い分けが推奨されている（辻 2000）（図Ⅱ－4）。



図Ⅱ－4 複数草種による分担草生栽培の例  
(辻 2000)

## 2. 生物多様性を高める土づくり

地球上には数千万から 1 億種の生物が生息しているとされており、その多くが陸域、すなわち土壌圏に生息している。生物は進化を繰り返して環境に適応するとともに、生物間の相互作用をうまく利用し、生物多様性を構築してきた。生物多様性には「遺伝的多様性」、「種多様性」、「生態系多様性」の 3 つのレベルがあり、それらの重要性和保護が世界的な課題となってきた。地球サミット等の国際会議では、生物種の多い熱帯雨林に目を奪われがちであるが、農耕地においても生物多様性を高めることで土壌の機能が向上することが明らかとなってきた（Hector and Bagchi 2007）。

我が国の樹園地においても有機栽培を行うことで、各地域に潜在する貴重な生物多様性を維持し、その機能を拡大することが可能である。特に有機栽培では「土壌が本来有する機能を発現させる」ことが基本となっており、単に有機質肥料による肥培管理に留まらず、作物を初めとした生物本来の機能



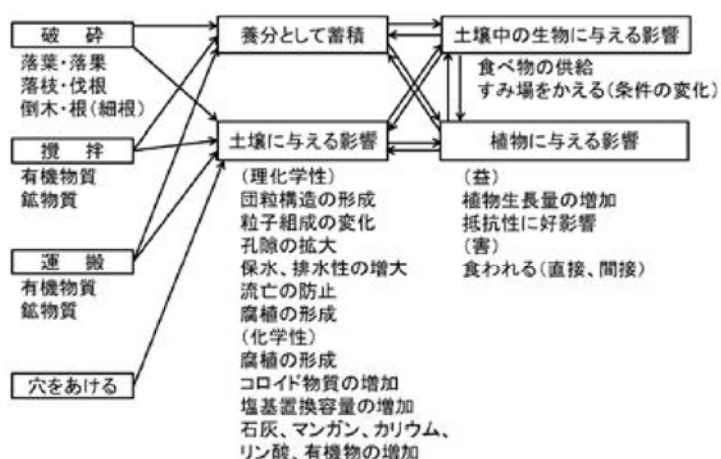
写真Ⅱ－1 茶草場等多様な植生環境の中の茶園  
(静岡県掛川市)（提供：稲垣榮洋氏）

を最大限に発揮させるための生物多様性を高める土づくりが重要である。最近では、我が国の茶園と一体になった畦畔や草地、山林などからなる茶草場が天敵保護の役割など生物多様性を高める農業技術として世界的にも注目されている（写真Ⅱ－1）。

生物の中には、作物に加害するものも存在し、有機栽培ではそれらを完全に制御することは難しいが、前述のように生物多様性が高まれば天敵などの生物相互作用を受け、被害は比較的強く抑えられる。さらに有機農業技術であるバンカープランツなどを植栽し、天敵密度を高めるよう意図的に好ましい生態系を誘導すれば、発生頻度の高い病害虫であっても抑制効果は高い。

### 1) 土壌生物の役割と土づくり対策

土壌の生成因子は、母材、気候、生物、地形、時間であり、樹園地土壌において最も人為的な変動が大きいのは、生物因子である。土壌生物は、土壌動物と土壌微生物に大別され、一般にバイオマスは、土壌微生物の方が圧倒的に多い。しかし、土壌動物と土壌微生物は土壌生態系の中で役割分担をしており、土壌生成において独自の機能を有している。



図Ⅱ－5 土壌動物の役割（青木 1973）

土壌動物の役割を図Ⅱ－5に

示した。土壌動物は動植物遺体の物理的分解（破碎）と化学的分解（低分子化）を行い、土壌中へ植物が利用しやすい形態の養分や腐植物質原料を供給する。一方、土壌中を移動するため、土壌を攪拌したり、運んだりする。これらの作用により団粒構造が発達し、土壌の理化学性を高めることになる。またミミズなどは土壌中に管状の穴をあけるため、これが大間隙（マクロポア）として働き、土壌の通気性や透水性を大きく高める。このことにより土壌動物は、樹体に対しプラスの効果をもたらしているが、樹木を直接的あるいは間接的に食害するものも存在する。このように土壌動物の機能は複雑であり、土壌毎に生息する生物の種類や量が異なるため、機能も拡大・縮小することになる。

有機栽培においては、強力な殺虫剤の使用は行われず、土壌動物に対する薬剤施用はほとんど行われないこと、土壌動物の餌となる有機物が多量に施用されることから、土壌動物が活性化し、土壌生成機能も慣行栽培に比べて非常に高いと考えられる。

一方、土壌微生物の機能は、土壌動物に比べてさらに多種多様であると共に、土壌中の物質循環機能の主体を担っている。表Ⅱ－1に土壌微生物の主な機能を示したが、主に化学・生化学的な機能がほとんどである。病害や窒素飢餓以外は、植物生育や土壌機能の向上に大きく貢献するので、土壌微生物機能を高めることは生産力を高めることにつながる。特に有機栽培では、有機物が多く施用され、殺菌剤の使用も限られるため、土壌微生物の量や多様性が高く、機能も高いと考えられる。土壌微生物の機能については、まだ分かっていないことが多いため、今後の土壌微生物研究の深化、拡大が期待される。

## 2) 土壌微生物性の向上対策

### (1) 微生物の種類と働き

土壌中には様々な微生物が生息しており、農業分野では一般に糸状菌、放線菌、細菌といった分類をよく聞く。微生物の機能も徐々に解明されつつあり、その分類も、例えば活動の場による分類（根圏微生物、根面微生物、根内部微生物、表面微生物）、微生物の分解活性による分類（タンパク分解菌、セルロース分解菌、デンプン分解菌、リグニン分解菌）、また、エネルギー獲得の方法による分類（無機栄養微生物（光合成微生物や化学合成微生物）、及び有機栄養微生物（寄生菌、共生菌、腐生菌）や酸素要求性による分類（好気性菌、絶対嫌気性菌、通性嫌気性菌）など、その働きなどとの関連でいろいろ行われるようになっている。微生物は多くの有用な働きをする反面、種類によっては病害や腐敗を誘発するものも多く、また環境条件によって種類や数や働きが大きく変わる。

有機物の分解など土づくりという側面に着目すると、軟弱で炭素率が低い有機物は、最も微生物が利用しやすいデンプン、糖、タンパク質を好んで食べる細菌や糸状菌がまず増殖し、次いでセルロース分解菌が増殖し、最後に難分解性のリグニン分解菌が増殖してくる。樹木など細胞組織にリグニンが多く含まれるものは、まずリグニン分解菌が増殖し、リグニンの壁を壊し、次に易分解性物質を分解する細菌や糸状菌が増殖し、セルロース分解菌と続く。放線菌は有機物分解の後半に働く。分解し増殖した菌体は、基質（エサ）がなくなると一部孢子や菌核で休眠状態になるが、死菌体は他の微生物により分解され植物の養分となる。微生物は有機物の分解者であり、養分の保持・供給源であると共に分解残渣としての腐植を供給するとされる（野口 2011）。

表Ⅱ－2 は、土壌の種類別微生物数の分析結果と健全土壌と生育不良・病害土壌との対比を見たものである。

表Ⅱ－1 土壌微生物の主な機能

|            |                        |
|------------|------------------------|
| 分解・溶解・運搬   | 有機物の分解・代謝・無機化          |
|            | 有害物質・人工化学物質の分解         |
|            | キレート物質等による金属元素溶解       |
|            | 根圏における養分の短距離運搬         |
| 合成         | 易分解性有機物の合成             |
|            | 腐植物質・団粒化材料の合成          |
|            | 植物ホルモンの合成              |
|            | 抗生物質や病害抑制物質の産生         |
|            | 土壌酵素の放出                |
| 変換         | 硝化                     |
|            | 窒素固定・脱窒                |
|            | 呼吸・光合成・メタン生成・メタン酸化     |
|            | その他元素の酸化還元             |
| 養分保持       | バイオマスによる可給態養分の保持       |
|            | 難溶性有機化合物の生成による長期的な養分保持 |
| 動植物との共生・寄生 | 養分吸収の効率化               |
|            | 窒素固定                   |
|            | 病害虫抑制・病害               |
|            | 窒素飢餓                   |
| 微生物間の関係    | 棲み分け                   |
|            | 溶菌作用・抗菌作用              |
|            | 養分競合                   |

表Ⅱ－2 土壌微生物数（CFU/g）（野口 2003）

|       | 糸状菌                 | 色素耐性菌                | 放線菌                | 細菌                 | 放線菌／糸状菌<br>A/F | 細菌／糸状菌<br>B/F |
|-------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|
| 健全土   | 398×10 <sup>3</sup> | 1313×10 <sup>3</sup> | 17×10 <sup>6</sup> | 83×10 <sup>6</sup> | 267            | 2131          |
| 不良病害土 | 283×10 <sup>3</sup> | 2158×10 <sup>3</sup> | 19×10 <sup>6</sup> | 85×10 <sup>6</sup> | 187            | 910           |



一般に微生物数と活性に影響を与えるものは、水分と有機物含量であり、微生物活性の制限元素は有機炭素＞窒素＞リン＞イオウの順に大きいとされている。土壤中の微生物の数、働きを高める要因は、良質の有機物、有機質肥料の施用とされ、有機物の施用後に微生物数の増加が起こるので、施用物の内容、量により土壤微生物相のある程度のコントロールが可能であるとされる。

作物の根圏・根面・根内部に生育促進微生物や拮抗菌など有効な微生物を定着させることは重要である。作物の根の活性が低下すると根面微生物数が増加し、活性が高い根の表面には糸状菌よりも細菌が多く生存する。一般に、地上部の生育が良好な場合には、根面微生物は細菌型になり、著しく不良な場合は糸状菌型となる。

土壤の微生物性を健全に保つことは作物生産に重要なことである。微生物の健全性を評価する指標は、未だ明確な指標も微生物性の基準も明らかにされていない。従来、土壤微生物の性質の指標として細菌数／糸状菌数（B/F）値が提案されているが、健全土と生育不良・病害土壤との放線菌数／糸状菌数（A/F）値と細菌数／糸状菌数（B/F）値をみると（表Ⅱ－2）、健全土壤の方が生育不良・病害土壤よりかなり高い傾向にある。

土壤の健全性を担う微生物性については、B/F 値のほかに多様性指数など様々検討がされているが、今回、一部地域において、土 1g 当たりの微生物量とその端的な活性を示すと見られる指標について、有機栽培園と慣行栽培園を対比する形で計測を行った。要因は必ずしも明らかではなく、今後種々の側面からのデータの集積による分析は必要であるが興味深い結果が示されている。すなわち、有機栽培区の腐植含量が隣接した慣行栽培区に比べ著しく高かったことも反映してか、有機栽培区の微生物量が多いこと、その中で分解しやすい有機物が多い土壤で多い傾向のある酵母やグラム陰性菌の仲間が多い赤色素耐性菌が特に多かったこと、微生物の活性を現すとみられる酵素活性や熱量が著しく高いことが伺われた（表Ⅱ－3）。

表Ⅱ－3 有機栽培と慣行栽培を対比した微生物量及び活動活性（2012 年 12 月：実証調査）

| 作物  | 場所      | 栽培区分 | 腐植含量 (%) | 土壤の微生物量(CFU/g 土壤) |                   |                   |                   |                   | 酵素活性<br>PNF 生成量 | 積算熱量<br>(pJ/10g 土壤) |
|-----|---------|------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------|
|     |         |      |          | 糸状菌               | 赤色素耐性菌            | 放線菌               | 細菌                | フザリウム菌            |                 |                     |
| 伊予柑 | 愛媛大農場①  | 有機   | 7.1      | $3.4 \times 10^4$ | $1.2 \times 10^6$ | $3.4 \times 10^6$ | $6.3 \times 10^7$ | $1.6 \times 10^4$ | 1804            | 7.3                 |
| 同上  | 同上 ②    | 慣行   | 2.7      | $5.4 \times 10^4$ | $2.2 \times 10^5$ | $2.7 \times 10^6$ | $2.2 \times 10^7$ | $1.9 \times 10^3$ | 829             | 3.7                 |
| ブドウ | 山梨県S農家③ | 有機   | 16.7     | $2.2 \times 10^5$ | $1.0 \times 10^5$ | $1.6 \times 10^7$ | $3.3 \times 10^7$ | $1.3 \times 10^3$ | 7008            | 8.7                 |
| 同上  | 同上 S農家④ | 有機   | 19.1     | $3.5 \times 10^5$ | $8.0 \times 10^4$ | $1.4 \times 10^7$ | $6.2 \times 10^7$ | $1.4 \times 10^3$ | 6147            | 9.9                 |
| 同上  | 同上 O農家⑤ | 慣行   | 9.2      | $4.9 \times 10^4$ | $6.0 \times 10^3$ | $9.0 \times 10^6$ | $4.2 \times 10^7$ | $1.1 \times 10^3$ | 3589            | 8.7                 |

注 1：栽培条件：①マサ土（花崗岩母材）。樹齢 32 年生、5 年間無農薬栽培継続中。雑草草生で年 4 回雑草を刈り敷く。施肥は菜種油粕、魚粉、草木灰を春 1 回、夏 1 回、秋 2 回施用

②マサ土（花崗岩母材）。樹齢 32 年生、除草剤により雑草を管理。施肥は秋肥一発型（14-9-9）年 1 回、春肥一発型（14-7-7）年 1 回施用

③火山灰土。41 年間の有機栽培園地、醸造用品種、サイドレスハウス栽培、雑草草生不耕起栽培、点滴灌漑

④火山灰土。41 年間の有機栽培園地、大房系品種、サイドレスハウス栽培、雑草草生不耕起栽培、点滴灌漑

⑤火山灰土。③と同一地域、慣行栽培、大房系品種、中耕・培土・施肥後に緑肥播種草生栽培

注 2：PNF 生成量は p-ニトロフェノール生成量である。

## (2) 土壤微生物性を高める土づくり

通常の樹園地において土壤微生物の量や活性を高めるためには、基質となる有機物の供給、適度な水分、温度、土壤養分、pH や EC、酸素供給あるいはガス交換、生息場所の確保等が必要である。有機栽培では有機質肥料が多用されるため、基質は十分に供給される。また除草剤が散布されないので、土壤表層には草生草種か雑草が繁茂するため、水分や温度は比較的安定している。適切に作物に必要な有機物を計画的に施用されていれば、慣行栽培に比べて土壤養分バランスは保たれやすい。さらに土壤有機物のカルボキシル基に起因する陽イオン交換容量が増大するため、化学肥料と比べて pH や EC の極端な変化も生じにくい。以上のことから、有機栽培を行う園地では化学的要因は大幅に改善され、作物はもちろんのこと、土壤微生物に対しても良好な状態に保たれると考えられる。

物理的要因であるガス交換（通気性）や生息場所については、有機栽培を長期間行うことにより、土壤動物が攪拌、運搬、穴あけをするので、十分な環境が供給されると考えられる。しかし、短期間で改善する場合は、完熟バーク堆肥や炭の施用などが効果的である。

土壤微生物自体は、通常多種多様な土着のものが生息・活動しているが、堆肥を施用すると特定の有機物分解微生物も一緒に接種されることになり、多様性が高まる。土壤微生物の多様性については様々な考え方があり、研究途上の感は否めないが、多様性が高いほど微生物コミュニティが安定し、病害微生物が侵入しても容易に増殖させなかったり、難分解性有機物が投入されても比較的早く分解が進行すると考えられる。土壤微生物の養分要求性はかなり複雑であり、数多くの異なる微生物がクラスターを形成して共同生活を行い、分担して有機物を分解し、必要な代謝産物をお互いに融通し合っていることも報告されており、微生物の多様性は、土壤微生物機能の安定化につながると考えられる。

有機栽培では、化学合成農薬や化学肥料を用いず有機物を施用するため、慣行栽培圃場に比べて土壤微生物の多様性・活性が高いとされている。これが生態系と調和した形で有機栽培が営める一つの要因になっている。このような状態を評価するための 1 つのツールとして、(独) 中央農業研究センターが開発した炭素資化量連続測定装置で、土壤の微生物多様性や活性値の測定を行いデータの蓄積が行われている。微生物活性値は土壤や堆肥の有機物分解反応の立ち上がりの早さ、分解速度、分解量を総合的に数値化したもので、微生物の炭素源資化反応の多様性と鋭敏性を評価したものである。

この測定結果によると、有機栽培圃場の微生物活性値は、慣行栽培圃場や転換中の圃場と比較して高い傾向が見られている（(財) 日本土壤協会 2010）。例えば、茶での測定結果は表Ⅱ－4 のようになっており、圃場管理の状態にもよるが、一般に有機栽培暦が長いほど微生物活性値が高いとされている。

表Ⅱ－4 茶園土壤の微生物活性値

| 場 所     | 栽培方式         | 堆肥等施用状況          | 微生物活性値      |
|---------|--------------|------------------|-------------|
| 埼玉県M茶園  | 有機栽培暦 30 年茶園 | 堆肥 30 年施用        | 1, 363, 414 |
|         | 有機栽培暦 5 年茶園  | 堆肥 5 年施用         | 1, 108, 226 |
|         | 慣行栽培茶園       | 農薬使用             | 946, 853    |
| 鹿児島県Y茶園 | 有機栽培暦 20 年茶園 | かや、稲わら施用、ぼかし肥料施用 | 1, 143, 933 |
|         | 慣行栽培茶園       | 農薬使用             | 505, 739    |

注：(独) 生研機構中央農業研究センターで測定

土壌微生物の特定機能を期待して、微生物資材も投入されることも多い。使用目的は有機物の分解促進、悪臭抑制、連作障害抑止、団粒形成促進、窒素固定・硝化促進、植物ホルモン生成、リン酸の可溶化、病害虫の抑制、全身抵抗性の誘導、植物根の健全生育促進、作物品質の向上などである。果樹栽培においては、政令指定の土壌改良材として菌根菌資材が市販されており、効果が確認されている。

生物因子としては、草生栽培が土壌微生物相に大きな効果を与えることが明らかとなっている（石井 2007）。ナギナタガヤは菌根菌の好適な宿主植物であり、果樹園において菌根菌が安定して土壌中に定着することを助けている。そのほかに白紋羽病菌、*Fusarium oxysporum* や *Pythium ultimum* のような土壌病原菌に対する拮抗微生物、リン溶解菌の生息環境を提供していることも明らかにされている。

### 3) 天敵等の活動力を増強する対策

#### (1) 害虫天敵

有機栽培を継続している果樹園では雑草草生が行われていることもあり、昆虫の多様性が高まることが知られ、これが害虫の防除にも有効な働きをしているとされる。愛媛大学附属農場で 2012 年 9 月に行った地上徘徊性昆虫の観察調査結果では、7 目 18 科 46 種の昆虫が捕獲でき、それを区分した結果、害虫は 17%、天敵が 26% を占め、ただの虫が 57% で大半を占めていた。

生態学では数多くの生物多様性に関する研究が行われており、最近、生態系の安定には、「キーストーン種（中枢種）」が大きく貢献することが明らかになっている。特に一次捕食者である天敵がキーストーン種になる場合が多いとされ、耕地生態系の健全性を評価する指標生物として扱われ始めている。

天敵を含めた生物多様性を高めるには、草生管理が適している。足立・三代（2012）は、土着天敵を増加させる植物導入法とメカニズム等について下記のように紹介している。

- ① インセクタリアープランツ：天敵を誘引し、蜜・花粉・シェルター等を提供して天敵を温存する。
- ② グランドカバープランツ：下草であるが、重要害虫や広食性食植者を定着させず、作物と栄養競合を起こさないで、天敵を増殖させる必要がある。
- ③ バンカープランツ：作物を加害しない寄主を定着させ、作物の害虫と共通な天敵を増殖させる。
- ④ コンパニオンプランツ：作物の近くに植えて作物の生育や品質を高めるもので、害虫に対する忌避作用等を持つ。
- ⑤ トラッププランツ：害虫を強く誘引して定着や産卵を促すと共に、害虫が作物に移動する前に処分して被害の発生を防ぐ。

グランドカバープランツの研究事例として、足立・三代（2012）は、ナシ園においてシロクロバーとヒメイワダレソウを下草として使用したところ、土着天敵類であるオサムシ科成虫（マルガタゴミムシ、セアカヒラタゴミムシ、ナガヒョウタンゴミムシ）、寄生蜂、ハナカメムシ科、ヒラタアブ亜科、ハダニアザミウマ、クモ目は、シロクロバー草生で密度が高くなったと報告している。またヒメイワダレソウはシロクロバーには劣るものの、防草シートマルチよりは高い傾向が見られており、効果の高い草生を行うことにより天敵密度を高めることが明らかになっている。

また、有機茶園と慣行茶園では昆虫相が大きく異なることが知られており（後藤ら 1995）、害虫を捕獲するクモやアリなどの益虫は両栽培方式間で大差があることは栽培現場ではよく知られている（図Ⅱ－6）。

柑橘類の有機栽培が天敵を増殖させる事例を表Ⅱ－5 に示す。年間約 18 種類の化学合成農薬成分を散布している慣行栽培区に比べて、化学合成農薬を使用しないかそれに準ずる防除を行って

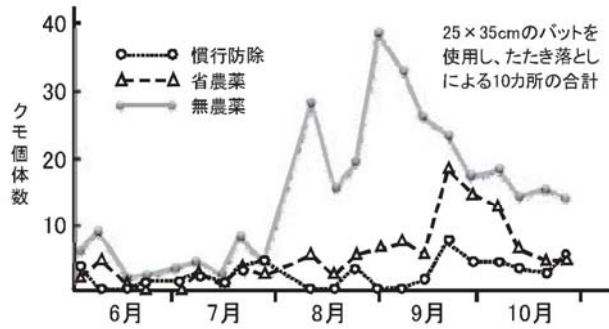
いる有機栽培区では、全体的に天敵の数が多い。また減農薬区（約 1/2 の化学農薬成分）はその中間的な数値を示している。このように農薬散布は天敵に大きなダメージを与えていることが明らかである。また、クモ類は広食性であり有効性が高い天敵であるにもかかわらず、農薬散布で急激に数を減らしており、農薬に対する抵抗性が特に低いと言える。有機栽培では化学合成農薬は散布されないので、天敵の減少はないと考えられるが、有機栽培への移行期間は天敵密度を早く高めるために、天敵導入や草生などの積極的な環境作りが重要である。

農林水産省は、平成 19 年 7 月に「生物多様性戦略」を策定し、生物多様性の保全を重視した農林水産業を推進するための施策を実施している。そしてプロジェクト受託先の（独）農業環境技術研究所、（独）農業生物資源研究所が、その成果として、『農業に有用な生物多様性の指標生物 調査・評価マニュアル』を作成した。その内容は URL（<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/shihyo/index.html>）でダウンロードすることができる。

本書は、「Ⅰ 調査法・評価法」と「Ⅱ 資料」の 2 部構成になっており、調査法に従って指標生物を採取してスコアを記録することにより、生物多様性の高さを 4 段階に評価することができる。また資料を照らし合わせて読むことにより、指標種の生態系における機能や役割を理解することができる。有機栽培園地の生物多様性をチェックするためには有用なツールである。

## （2）病害の生物防除

土壌微生物は、土壌中の栄養の質と量、生息場所、酸素、水分、pH、温度などの微細環境において棲み分けを行ったり、逆に代謝産物を共有するために共存したりして、相互作用を及ぼしながら生息している。そして病害は、作物の抵抗性が低下すると共に、病原菌が一定以上の密度に増殖した時に発生すると考えられている。一般に、連作障害は同種の作物を栽培することにより、土壌微生物相が単純になり、病原菌が繁殖しやすい条件となって発病するとされているが、有機物を施用している栽培では連作障害を完全に回避している事例も多く見られる。機作についてはさらなる科学的解明が必要であるが、有機栽培による安定した土壌微生物相の形成がキーになっているものとみられる。



図Ⅱ－6 クモ類の発消長（1992 年）  
（後藤ら 1995）



病原菌の生育を抑制する微生物は、拮抗微生物と呼ばれ、拮抗微生物を接種したり、定着場所や養分を与えて積極的に増殖させるなどの技術開発が長年行われてきた。拮抗メカニズムについて、本間（1991）は、以下のようにまとめている。

- ① 寄生：糸状菌間で起こり、病原菌菌糸や菌核に寄生して活性を抑制し密度を低下させる。
- ② 抗生：抗生物質を生産して、病原菌の代謝を阻害する。
- ③ 競合：微生物間で生息場所と餌（鉄などの金属元素も含む）を取り合う。
- ④ 捕食：大きな生物が小さい生物を搾取するもので、食菌性とも呼ばれる。
- ⑤ 溶菌：微生物の細胞壁が内的・外的要因によって、分解・消失する現象である。
- ⑥ その他：微生物の代謝産物が、根の病原菌感受性や抵抗性反応を誘導するなど。

実際の土壌では、上記メカニズムが単一あるいは複合的に働くことで実用化技術として普及されている。

農研機構果樹研究所では、果樹の重要土壌病害の一つである白紋羽病については、非病原性白紋羽病を接種すると病原菌が駆逐され、病害の進行が抑制されることを明らかにしている。また、白紋羽病は熱に弱いことから、樹木に影響がない程度の温水を土壌に処理することで、治療が可能になった（中村 2010）。治療効果のメカニズムとして熱の他に、トリコデルマ属糸状菌などの拮抗菌の存在も重要な役割を果たしている可能性があるとしている。

核果類果樹の根頭がんしゅ病に対しては、*Agrobacterium radiobacter* strains K84/Kerr-84 株や K1026 株を予防的に接種することにより、ペプチドの一種であるバクテリオシンが生産され、当病原菌の生育を抑制することが明らかとなっており、世界的に広く利用されている。溶菌作用をもつ微生物活性を高める有機質資材の利用例として、エビ殻やカニ殻を施用することにより、その成分であるキチンを分解する放線菌を大量増殖させて、病原糸状菌を溶菌させる技術がある。放線菌には抗生物質生産も期待される。

果樹有機栽培において土壌病害を抑制するには、適切な有機質資材の施用や水はけなどの土壌物理性の改善、草生などの下草管理などを総合的に進めることにより、土壌微生物の多様性拡大と微生物相の安定化を図ることが基本となる。また土壌管理の他にも、間伐・縮伐・整枝・剪定・誘引による通風や採光の改善、新梢管理と夏季剪定による樹勢管理、防風、発生予察と対策も重要である。その上で発生する特定の病害については、発生状態に応じ、拮抗微生物や有機 JAS 規格で許容されている農薬を散布することになる。

## 引用文献

- 1) 青木淳一（1973）「土壌動物学」 北隆館
- 2) 阿江教治・松本真悟（2012）作物はなぜ有機物・難溶解成分を吸収できるのか 根の作用と腐植蓄積の仕組み 農産漁村文化協会
- 3) 足立 礎・三代浩二（2012）果樹・茶園における土着天敵保全による生物的防除．植物防疫．66：488-493
- 4) 石井孝昭（2007）草生栽培と土壌微生物相 農業技術体系果樹編 第 8 巻 共通技術（草生管理－草生栽培をめぐる新研究） 草生管理 3～6-1-8
- 5) 辻 剛宏（2000）新しい時代の果樹草生栽培 牧草と園芸 48：1-4

- 6) 中村 仁 (2010) 白紋羽病温水治療マニュアル (独法) 農研機構果樹研究所
- 7) 成澤才彦 (2011) 作物を守る共生微生物 エンドファイトの働きと使い方 農産漁村文化協会
- 8) 西沢直子 (1992) 栄養ストレスと植物根の超微細構造に関する研究 土壤肥料学雑誌 63 : 263-266
- 9) (財) 日本農業研究所、(財) 日本土壤協会 (2010) 有機農業技術の現状と適用条件に関する調査結果
- 10) 野口勝憲 (2003) 土壤改良と資材 日本土壤協会 微生物資材 270-273
- 11) 野口勝憲 (2011) 環境保全型農業における微生物の働きと利用 1-10 全国土壤改良資材協議会微生物部会研究会資料 1-10
- 12) 本間善久 (1991) 拮抗微生物による土壤病害の生物的防除. 化学と生物 29 : 503-509.
- 13) 松山 稔・牛尾昭浩・桑名健夫・吉倉惇一郎 (2003) 施用有機物由来窒素の 5 年間にわたる水稻への吸収利用と施肥窒素の削減 日本土壤肥料学雑誌 74 : 533-537
- 14) Hector A, Bagchi R (2007) Biodiversity and ecosystem multifunctionality. Nature, 448 : 188-190.
- 15) Matsumoto S, Ae N, Yamagata M 2000 : Possible direct uptake of organic nitrogen from soil by chingensai (*Brassicaca mpestris* L.) and carrot (*Daucus carota* L.) . Soil Biol. Biochem., 32 : 1301-1310.
- 16) McLaren AD, Jensen WA, Jacobson L 1960 : Absorption of enzymes and other proteins by barley roots. Plant Physiol., 35 : 549-556.
- 17) Nishizawa N, Mori S 1977: Invagination of plasmalemma: Its role in the absorption of macromolecules in rice roots. Plant Cell Physiol., 18: 767-782.
- 18) Wright SF, Upadhyaya A 1996: Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein from arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Sci. 161 : 575-586.
- 19) Yamagata M, Ae N 1996: Nitrogen uptake response of crops to organic nitrogen. Soil Sci. Plant Nutr., 42 : 389-394.
- 20) Yamamuro S, Ueno H, Yamada H, Takahashi Y, Shiga Y, Murase J, Yanai J, Nishida M 2002: Uptake of carbon and nitrogen through roots of rice and corn plants, grown in soils treated with <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N dual-labeled cattle manure compost. Soil Sci. Plant Nutr., 48 : 787-795.

(本文は、2013 年 3 月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』22～34 ページに掲載されたものを、一般財団法人日本土壤協会の了解を得て、転載したものである)

# 果樹の有機栽培実施上の課題と対応策

果樹の有機栽培は難しく、解決すべき問題が山積しているが、それを解決するためには、果樹が有する特性をよく理解し、それに適応した対応策を講じていく必要がある。

## 1. 果樹の栽培特性と有機栽培上の課題

### 1) 果樹は永年性作物、適地適作・適品種が不可欠

永年性作物である果樹は、一度植えられると、そこで長い年月にわたり、同じ樹が育つことになる。そのため、もしその場所がその果樹に適していない場合には、その悪条件が年々累積して影響することになり、栽培上きわめて不利となる。また、苗を植えてから果実を収穫するまでに相当の年月を必要とする。そのため、果実がなり始めてから、不適地であると気づいたのでは、経営上取り返しがつかない。そのため、野菜や水稻などの1、2年生作物以上に、適地適作・適品種が重要となる。

有機栽培では、慣行栽培のように病気や害虫が多発した際に、強力かつ薬効が持続する化学合成農薬を使用することができないため、樹勢の低下だけに留まらず、樹を枯らしてしまふことや収穫皆無になることがある。そのために、果樹の有機栽培においては、慣行栽培以上に栽培地の自然環境条件等が、その果樹の栽培に適しているかどうか、その品種の栽培しやすさ（耐病・耐害虫性、耐ストレス性などを有しているか）を厳密に検討することが重要となる。

### 2) 温帯湿潤気候に適した果樹の種類は少ない

世界における主な温帯果樹類（ブドウ、柑橘類、リンゴ、ナシ、モモ）の主産国（アメリカ、イタリア、ソ連、フランス及びスペイン）の風土と我が国の風土を比較した小林（1985）は、その結果を「乾燥気候である地中海沿岸諸国や北アメリカの西部沿岸地域では、『果実が自然になる果樹園芸』であるのに対し、湿潤気候である我が国では『果実を人力でならせる果樹園芸』である。」と記し、「我が国における果実の生産は特殊な風土の下での果樹園芸であり、我が国の風土の特徴をよく理解した上で適地適作することが必要」としている。一方で、我が国で古くから栽培されている柑橘類や、近年、世界中で栽培されるようになったキウイフルーツは、温帯湿潤気候原生で、我が国においても「果実が自然になる」可能性が高い果樹もある。

さらに、我が国は風土的には、温帯湿潤気候に属しているが、南北にきわめて細長いことから、緯度によって気温が大きく異なる。また同時に、国土の大半が山地であり、その斜面を利用して果樹園を設置することから、標高差による気温の変化も大きい。そのため、果樹の有機栽培を行う場合は、園地の自然条件や環境条件、地形等を良く理解し、そこに適した樹種を選択することが重要になる。

### 3) 果樹は水稻・野菜に比べ栽培歴が浅く、有機栽培に関する研究蓄積は皆無に等しい

現在、日本で栽培されている果樹は、古くから栽培されてきた柑橘、カキやウメなど一部を除き、明治以降の欧米化の波の中で急速に導入された種類や品種が多い。既にそれから100年以上の年月が経過していることから、今日主産地として栄えている地域は、この間の自然淘汰の結果、あるいはそれらの貴重な栽培実績を基礎にして形成されてきたものと言えよう。しかし、これらの果実の海外における主要生産地は乾燥気候地帯にあり、日本

より降水量がはるかに少ない地域にその原生地を有するものが多い。さらに、近年進行している温暖化は、気温が果実の品質や収量に深刻な影響（例えば、着色不良や冬季の低温不足による花芽分化不良等）を及ぼしており、栽培適地がこれまでより北に移動していると考えられる樹種も出てきている。このように、主要果樹の多くは日本における栽培歴が浅い上に、乾燥地原生のものが多いため、栽培技術体系が十分に確立しているとは言い難く、特に果樹の有機栽培に関する公的試験研究機関における研究蓄積は柑橘など一部を除き皆無に等しい。

#### 4) 化学肥料・化学合成農薬の使用を前提に構築されてきた果樹の標準栽培体系

戦後、果樹園芸が農業の分野で独立部門として地位を獲得し、果樹産業と呼ばれるようになったのは 1965 年以降のことである。今日標準的に用いられている果樹の栽培技術の確立は、この時期以降、まさに化学肥料・化学合成農薬の開発と共に進められてきた。戦後の果樹作ブームの波に乗って、所構わず山地を拓き、増殖を図ってきた温州ミカンに代表されるように、この過程においては、「果実が自然になる」地を厳選して栽培する（＝適地適作）ではなく、生産効率性や経済的優位性を最優先して「人力で強引にならせる」栽培技術、すなわち化学肥料・化学合成農薬の使用を前提とした栽培技術体系の開発が主に行われてきたといえる。近年、減農薬や化学肥料の投入量低減など、環境負荷低減技術が現場でも実用化されるようになってきたが、今もって、このような経過の中で、選抜・構築されてきた作目や品種、あるいは技術体系を、有機栽培にそのまま適応することは難しい状況にある。

#### 5) 栄養生長と生殖生長の調和を図るための技術開発の方向性と考え方の違い

果実生産においては、樹体の生長及び維持のための栄養生長と、花芽分化に始まる生殖生長との調和を図ることが重要である。従来から、整枝・剪定、摘（花）果、芽かき、肥培管理（施肥の時期、内容、量）などを様々な栽培・結実管理を組み合わせることによって果実の安定生産が図られてきたが、有機栽培でもそれが基本となる。しかし、近年、公的試験研究機関では、これらのバランスを植物生長調整剤によって図ろうという技術の実用化が急速に進んでいる。すなわち、摘花・摘果、新梢伸長制御、果実の肥大促進、着色促進などのために、植物生長調整剤の利用を前提とした栽培技術体系の確立が進められているのである。この技術は、農作物の生育そのものを植物生長調整剤という農薬によって人工的に制御して、収量や品質を高め、作業時間を短縮しようとするものであり、有機果樹作において適用できるものではない。品種改良においても植物生長調整剤の使用を前提とした育種も行われていることから、品種選択の際に注意が必要となる。

一方、有機果樹栽培技術の普及のために必要なこれらに関わる技術に関する研究開発や実証展示調査圃の設置は、柑橘類など一部の果樹で始まったばかりであり、大きく立ち遅れている。

#### 6) 用途により品質評価が異なり、外観品質が重視される傾向が強い果実

野菜と米と果実の大きな違いは、果実は日常生活における主食ではなく嗜好品・贅沢品的な傾向が強いことから、品質評価が、その用途（例えば、贈答用か家庭用か）や食生活習慣などの相違（例えば、野菜的に食べるのか、嗜好品・贅沢品として食べるのか、生食用か加工用か等）によって大きく異なることである。特に我が国においては、諸外国以上に、果実の外観、大きさ、食味などの果実品質が価格に大きく影響している。中でも、果実の



外観と大きさが一定以上でないと販売は困難であり、場合によっては食味より外観品質が優先されることもある。

果樹の有機栽培では、化学合成農薬の使用ができないため、病害虫によって果実の外観に問題が生じた場合には、商品価値を著しく低下させることがある。しかし、その一方で、消費者が果実に求めるニーズは、食味、外観、旬、銘柄、加工品、栄養、健康など多様であり、品質評価の基準は販売先によって異なることから、誰を相手に、どのように販売するかといった点を生産者自身が考え、販売先を開拓することができれば、有利に販売を行うことも可能となる。

#### 7) 鳥獣害を受けることが多い

有機栽培特有の問題ではないが、果樹園は山間傾斜地に立地している場合が多く、イノシシやヒヨドリなど、鳥獣害を受けることが多くなっている。イノシシの場合は、有機栽培の圃場には多く生息しているミミズを狙って、圃場や刈り草などの堆積地を掘り起こして、問題になることもある。

## 2. 果樹の有機栽培を成功させるポイント

### 1) 基本は健全な樹を育てるための土づくり、雑草を活用した土づくり

有機栽培では土づくりが全ての基本となる。果樹栽培では、不耕起・草生栽培、それも雑草を活用した雑草草生栽培を行うことで、有機物の土中への補給、土壌の団粒構造の発達による土壌の膨軟化、通気性や保水性の向上、あるいは干ばつ防止、天敵や土壌動物の保護など、多くの効用が得られる。一方、健全な植物の特徴は、根張りのよい育ち方と言われており、団粒構造の発達した土壌では、果樹の根張りもよくなる。有機栽培では、土づくりによって土壌の物理性、化学性と共に生物性を向上させることにも重点が置かれている。また、施肥についても外部投入に依存し続けるのではなく、土づくりによって、作物の生育に必要な養分や水分を各生育時期の必要量に応じて供給できる健全な土壌になる。健全な土壌では、健全な作物が育まれるという考え方が基本となる。

先進的な有機栽培実践者に共通しているのは、低栄養、低投入、内部循環を活かした土づくりであり、一度に大量の堆肥を畑に入れて短期間で土を整えようとするのではなく、堆肥以外の有機物（作物残渣、雑草等）を与えながらじっくり土を育て、土壌中の小動物や微生物などの生きものの活性を高めている点である。堆肥といえども、動物質のものを大量に施用すれば窒素過多となり、そのような園地では、生長が徒長気味となり、病害虫の発生も多くなる。堆肥などを投入する場合には、堆肥の種類、施用量、施用法、施用時期などに留意が必要である。

永年性作物である果樹では、定植後に土壌改良を行うことが難しいため、土壌の排水性、保水性、保肥力などの物理性が劣っている場合は、あらかじめ整備しておく必要がある。

雑草草生の実践に当たっては、適切な管理が行われないと病害虫や害獣の発生、作業環境の悪化等の欠点が大きくなるため、通常は年間 4～5 回の草刈りを行う必要がある。有機栽培では、雑草を敵視するのではなく、如何に土づくり等に生かしていくのかという視点が重要になる。

### 2) 有機栽培に適した品種、有機栽培が可能な品種の選定と組合せ

有機栽培で土づくりとともに非常に重要になるのが品種の選定である。「品種に勝る技術

なし」という言葉があるように、病虫害対策を化学合成農薬に依存しない有機栽培では、品種選択がその可否を決めることになる。日本で古くから栽培されている品種の中に、あるいは民間育種家が育成した品種の中に、耐病性に優れ、栽培しやすい、有機栽培が可能な品種を見出すことができる。残念ながら、日本の公的機関で行われてきた果樹の育種は、その主目的を主として果実の品質改良におき、耐病性等の有用形質を持つ個体でも品質が劣っていれば、淘汰してきたこと、また、果樹の育種には長い時間を要するため、有機栽培のために育成された品種は未だ無い。

公的機関による栽培技術指針にも、品種別の特性は紹介されているが、有機栽培の視点からの情報（病害抵抗性等）は非常に少ないので、先進的な有機栽培者の情報や、自らの試作によって確認する必要がある。

さらに、病虫害、気象災害による被害のリスク軽減や労力配分を考慮して、単一品種の栽培ではなく、耐病・耐害虫性、早晩性、収量性や品質特性などが異なる複数品種を組み合わせる栽培することも必要である。

### 3) 生理・生態、園地の条件を知り「樹と会話できるようになる」

有機栽培に限らず先進的な生産者に共通しているのは、自分の園地がどのような条件にあり、その樹がどのような特性（生理・生態）を有しているか熟知しており、それは園地における鋭い観察眼から得られたものである。慣行栽培では、果樹栽培で最も問題になる病虫害や雑草に対して化学合成農薬で簡単に対処することが可能であるし、樹勢管理も化学合成肥料や植物生長調整物質を用いれば比較的容易である。しかし、有機栽培では、作物の生理・生態や園地の条件に応じた対応や日常的な管理、すなわち「場の技術」が求められる、その基本となるのは、日常的に園地で栽培環境や樹の状態を把握できるようになること、つまり「樹と会話できるようになる」ことである。

### 4) 有機栽培が可能な園地の選択

既存の園地を有機栽培に転換する場合でも、新たに有機栽培を始める場合でも、その園地において、対象となる樹種が健全に育つための条件が整っているか、最初に検討する必要がある。いずれの場合も、適地適作が大前提であるが、加えて、地形的な条件も非常に重要になる。すなわち、同じ地域であっても、山間地と平坦地、斜面の方向や、周辺部の状況で、生物多様性や生育条件が大きく異なるからである。例えば、傾斜地と平坦地では、風の流れが異なり、霜の降り方も異なる。傾斜地では、標高が低い園地の方が冷気は貯留しやすく、霜の害を受けやすいこともある。また、日照時間が短く、風通しが悪い場所では、病気の発生が多くなりがちである。

また、周辺に山林や雑木林などがある場所では、多様な生きものが生息することができるため、天敵類も豊富となるが、慣行栽培の園地に囲まれた場所や、市街地の中にある園地では、生きものの多様性が低く、土着天敵の供給量が低くなることから、草刈りをする時に、一度に全てを刈り取らずに天敵の居場所を確保する等、何らかの対策が必要となる。

### 5) 有機栽培に適した開園準備と初期生育の確保

果樹の有機栽培では、成園を慣行栽培から有機栽培に転換することは非常に難しく、苗木の育成と土づくりから始めなければ無理であるという意見もある。その理由は、果樹にも「苗半作」が当てはまり、生育初期における育ち方、すなわち徒長気味に生育したのか、病虫害などによりストレスがかかったのか、あるいは健全に生育したかが、その後の生育

特性に大きく影響するからである。低栄養、低投入の土壌で植物自身が有する自然と共生する能力が十分に発揮できるような、根張りの良い健全な苗を育てることが有機栽培を成功させるポイントとなる。

定植後、苗木の育成期間中は、害虫への抵抗性が低く害虫の大発生や雑草の繁茂が著しくなりがちである。葉が食害され、苗の生長が著しく劣ると、着果時期が遅れるだけでなく、後々まで樹勢が回復せず病害虫への抵抗性が低くなることが観察されている。この時期における雑草管理や害虫防除には特に注意が必要である。苗木の健全な生育を確保するために、育苗期を長めにとり、苗圃でしっかり管理して健全な苗木を育てた後、定植する方が望ましい。

#### **6) 病害虫には有機 JAS 許容農薬も利用して防除効果を高める**

果樹の有機栽培では、耕種的な方法だけでは、防除が困難な病害虫が存在する。有機農業に適した品種が非常に少ない現状においては、健康な樹を維持するために有機 JAS 許容農薬の最低限の使用も考慮する必要がある。但し、農薬の使用は園地の生態系に大きな影響を及ぼし、天敵密度を大きく低下させることが多いので注意が必要である。農薬散布の時期や使用農薬の種類は、園地観察に基づいて判断する必要がある、先進的な有機農業者から情報を得ることが重要となる。

#### **7) 品質基準と販売方法の転換、生食と加工の組合せで販売先を確保**

有機栽培の特質を理解して、生産者の想いを理解してくれる消費者や販売先を確保すること、消費者との間に信頼関係を築くことが最も重要になる。それにより、病害虫や気象災害により、例年よりも外観品質が劣る場合にも、食味や栄養価が大きく劣るのでなければ、安定的に購入してもらうことが可能となる。また、宅配や贈答品については、単一品目だけでなく多品目の詰合せも用意するなど、消費者に多様な選択肢を提供することも重要となる。

外観品質が劣るなどの理由で生食用に販売することが難しいものについては、加工用として消費者に販売したり、加工して付加価値を高めて販売する。加工品の開発に当たっては、有機果実であることが生かされることが重要となる。生食と加工を組み合わせることで、廃棄率を最小限にし、経営を安定させることが可能となる。

(本文は、2013 年 3 月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』36～40 ページに掲載されたものを、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである)

# 茶の有機栽培技術

## 1. 有機栽培実施上の問題点

茶の有機栽培実施上の問題点は、府県の有機農業指導機関への照会調査の結果では、病虫害による茶樹への被害発生の問題（特に虫害問題）が圧倒的に多く、次いで有機質肥料の肥効発現などから来る茶樹生育への影響、さらには除草剤が利用できないことによる雑草対策の大変さの問題が多かった。また、これらの結果、収量及び品質の低下並びに栽培管理の過重労働問題が多く指摘されていた。また、茶園の立地条件からくる凍霜害等自然災害やイノシシ等害獣への対応が問題視されていた。

有機栽培現場での実状を踏まえ、有機栽培での栽培技術上の問題点を挙げれば以下の通りである。

### 1) 有機栽培への転換初期は病虫害の発生が多い

化学合成農薬を使えない有機栽培では、慣行栽培に比べ病虫害の発生により収量・品質が不安定になりやすい。特に有機栽培への転換初期には、チャノミドリヒメヨコバイ、カンザワハダニ、チャノキイロアザミウマ、ハマキムシ類などの害虫が多発することがある。また、二番茶生育期以降の夏茶の時期には病虫害の発生が多くなる。なお、有機栽培への転換期には、慣行栽培茶園では問題とされないチャドクガやチャミノガなどの害虫が多発することもある。

### 2) 山間地では病気が、平坦地では害虫の発生が多い

有機栽培茶園での病虫害の発生は、そのおかれた立地条件によって様相が異なる。

山間地の有機栽培では、一般に炭疽病やもち病などの発生が多い。炭疽病が多発すると、秋から冬にかけて落葉を引き起こし、連年発生すると樹勢が低下して収量を低下させる。また、もち病は年次間差はあるが、二番茶芽に多発すると香味が劣るなど品質を低下させる。

平坦地では病気の発生は比較的少ないが、カンザワハダニ、チャノミドリヒメヨコバイなどが多発し、特に、気温が上昇する二番茶生育期から秋にかけて多発し、収量、品質の低下をきたす。

### 3) 雑草の繁茂が減収と労働過重をもたらす

有機栽培では除草剤を使わないので、雑草の繁茂から多大の労力を要し、特に夏期高温時の労苦は大きい。また、幼木園では雑草の過繁茂で生育が著しく抑制されることが多い。一方成園でも、畝間や枕地、茶園周辺及び中切り更新時には雑草の発生が旺盛になり、手取りまたは肩掛け草刈機等による除草が多いため、除草労力が大変である。

また、ツル性雑草の茶株面への繁茂は、光合成を阻害して生育を抑制すると共に生葉への異物混入となる恐れもある。これらのことから茶園管理が不十分となり単収を著しく低下させている茶園もみられる。

### 4) 園地選択・土づくりが不十分だと生産は不安定になる

有機栽培は気象条件や土壌条件の良好な所で行わないと、気象災害や病虫害の被害を受けやすく、生産は不安定になる。特に、有効土層が浅く、養水分の吸収が安定して行える



ような土壌の物理性や生物性の高い土づくりが不十分な園地では、生産力が低く、病害虫の発生が多く、不安定な茶業経営が強いられる。有機栽培では慣行栽培に比べ肥培管理や除草作業に多くの労力を要することから土づくりがおろそかになり生産力を低下させている例もある。

#### **5) 有機質肥料の使い方が難しい**

有機栽培で使用する有機質資材や有機肥料は、多種多様な上に、化学肥料に比べて肥効のコントロールが難しい。特に、晩秋から早春にかけての低温期には肥効発現が遅れるため、一定水準以上の収量・品質を確保するための肥培管理は難しい。そのため、各茶期の新芽生育期における窒素成分などの肥効を高めるなどの施肥管理技術の確立が求められている。

また、通気性や排水性の悪い園や梅雨等多雨期に、有機質資材や有機質肥料を多用すると畝間が嫌気的な環境となり、過湿状態となって有機物の分解も遅れることが問題になっている。

#### **6) 中山間地では野生動物により被害を受けることがある**

中山間地における有機栽培茶園には、イノシシが出没する事例が増加している。イノシシは草食を主とした雑食性であるが、有機栽培茶園で増える畝間土壌の昆虫やミミズなど食べにきて、茶園の畝間を掘り起こしたり、茶樹に被害を与えることがある。

## **2. 有機栽培を成功させるポイント**

茶の有機栽培農家は、茶の生産から製茶加工までを一貫して行い、茶の販売まで行う経営体が多い。また、茶園も比較的まとまって所有しており、それぞれの立地条件に応じて独自の技術を組み合わせて、有機栽培茶を前面に出した販売戦略によって経営を成功させている例が多い。

先駆的な有機栽培農家の事例から、有機栽培を成功させているポイントを示した。

#### **1) 生育条件のよい園地を選定する**

有機栽培茶園の選定に当たっては、日照条件が良く風通しの良い、病気の発生が少ない場所を選定する必要がある。特に、日照時間が短く、風通しの悪い山間地では、炭疽病やもち病などの病気が発生しやすいので留意する。また、茶園の周囲に山林や雑木林・茶草場などがある場所は生物が多様で天敵類も豊富であり、有機栽培には適している。

また、永年性作物である茶は、定植後に土壌（土層）改良を行うことは難しいので、有機栽培茶園は、茶の生育に適する有効土層があり、保水力や排水性のよい土壌条件を備えた園地を選定する。

#### **2) 園地の団地化と良好な植生環境を確保する**

有機栽培が行いやすい植生環境を維持するため、園地の団地化と共に、山林や雑木林、茶草場等による自然・半自然の植生地を隣接させることにより、自然循環機能と生物多様性を一層増進させ、十分な土着天敵類の保全・供給が図れるようにすることが重要である。

また、慣行栽培園と有機栽培茶園が混在している地域では、病害虫の伝搬や慣行栽培園からの農薬の飛散（ドリフト）などの懸念から、両者間に感情的な対立が生じることもあるので、緩衝地帯の確保や農薬の飛散防止対策などに留意し、両者間のコミュニケーションを図ることが大切である。

### 3) 生育に適した土壌条件を確保する

有機栽培では、生育環境の制御が化学肥料や化学合成農薬で出来ないため、土づくりを通じた茶の根群の発達及び生態的環境の向上により茶樹の健全な生育を図っている。そのため、土壌診断により土壌の理化学性を把握し、根群が発達しやすい有効土層の確保及び堆肥や粗大有機物などの投入、耕起などによって団粒構造の発達と保肥力、保水力を高め、土壌の生物相を豊かにして病害虫に対する抵抗力の増強を図っている。

### 4) 育苗・幼木期の生育を良好にする手段をとる

有機栽培では、幼木期には病害虫の発生や雑草害などにより生育が著しく劣ることが多く、慣行栽培に比べ成園化が1、2年程度遅れることが多い。そこで、健苗の育成、本圃定植時の管理や幼木期間における土づくり、雑草管理、気象災害対策など基本技術の励行により、初期生育の確保に万全を期す必要がある。

但し、現実問題としては、育苗・幼木期は慣行栽培に準じた栽培管理により、早く有機農産物としての収益を上げることも重要なので、茶園の新規造成の場合や全面改植を行う場合にはそのような手段をとることも検討する。

### 5) 病虫害リスクや摘採期、需要動向を考え品種を組み合わせる

有機栽培では、病虫害による生産の不安定性が高いので、病虫害抵抗性品種の導入は重要である。この場合、一品種による栽培では特定病虫害の発生を助長させることになるので、品種の組合せにより病虫害被害のリスクを軽減させる必要がある。

また、品種選定に当たっては、気象災害や摘採労働を考慮して早中晩性品種の組合せや、収量性、品質性、加工特性のほか、需要動向等販売先の意向も考慮して総合的に選定することが大切である。

### 6) 病虫害の抑制環境を作り、適切な防除対策をとる

病虫害防除は、茶園を定期的に巡回し、病虫害の発生状況を茶園毎によく把握しておくことが基本になる。有機栽培では、病虫害が多発してから抑えることは技術的に難しいので、病虫害を増殖させない技術として、有機栽培に適した圃場の選択、土づくりと施肥管理、抵抗性品種の導入、茶園周辺の植生環境の管理による土着天敵の保全等によって抑制策をとることが重要である。

病虫害発生後の防除対策としては、山間地では平坦地に比べ害虫の発生は少なく、捕食性天敵による抑制効果も大きいので、主として炭疽病、もち病への対応が必要になる。特に炭疽病は収量、品質の低下に影響するため、夏～秋の炭疽病対策として二番茶摘採後に浅刈り更新程度のせん枝による耕種的な措置をとる。平坦地では病害の発生は比較的少ないが害虫が発生しやすいので、せん枝技術を組合せた発生の抑制や吸引式防除機等による物理的防除、さらに、ハマキムシ類に対する顆粒病ウイルスを利用した生物的防除法を組合せた対策が必要である。

以上のような耕種的・物理的・生物的防除法などの手段をとっても防除が困難な場合には、有機 JAS 規格で許容されている農薬を使用し病虫害の被害を軽減する。

### 7) 有機質肥料の肥効発現の特性を考慮した施肥管理に留意する

有機質肥料は化学合成肥料に比べ窒素成分の割合が低く、肥効発現が緩効的な場合が多い。有機質肥料の窒素が茶に吸収されるまでには、土壌微生物による無機化と降雨等による下方向への移動の2つのステップが必要であるが、土壌微生物の活性は地温に影響され

るため、夏季は分解速度が速く、冬季は分解が遅くなるなど、肥効発現の様相が肥料の種類、施肥時期により大きく異なるので、利用法が複雑である。また、有機質肥料の中にはリン酸含量の高いものがあり、リン酸過多や種類により成分組成や分解特性も異なるため、各種有機質肥料の特性や使用方法を踏まえ茶の生育に合せた施肥管理が必要である。

#### **8) 周到的な雑草管理で生産力の低下を防ぐ**

**有機栽培では、雑草管理に多大な労力がかかる**ので、除草対策が行き届かず茶の生産に悪影響を与えている例が多いので留意する。

幼木期は茶株が小さく、畝間が広いため雑草が過繁茂となるので適期除草に留意する。この場合、雑草抑制と共に土壌流亡防止にも効果のある敷き草やマルチ資材の利用も有効である。

成木園では、枕地などの侵食防止が課題となるが、草生管理も有効な対策である。また、茶株面に発生しやすいツル性雑草は、茶株面を覆い生育が抑制されるので早めに除去する必要がある。

#### **9) 有機栽培茶の特性を活かした商品開発と販売法を工夫する**

有機栽培では慣行栽培に比べて収量、品質の低下が懸念されるが、特に一番茶に比べて二番茶以降の夏茶の不安定性が大きいので、夏茶の付加価値を高める工夫が必要になる。

(本文は、2013年3月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』320～322に掲載されたものを、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである)

## 有機農業の研修受入先をご紹介します

NPO 法人有機農業参入促進協議会（有参協）は、有機農業の参入促進を担っている団体が構成員となり、「公的機関及び民間団体と協働して、有機農業への新規及び転換参入希望者を支援すること」を目的として設立いたしました。構成団体のさまざまな活動情報を紹介するとともに有参協独自の活動を通して、参入支援情報の発信拠点としての役割を担っている団体です。

有参協では、有機農業の実施者を増加させるための事業を進めています。この事業の一環として、有機農業研修受入先の情報整備を行い、これから有機農業の研修を希望する方に、ウェブサイト「有機農業をはじめよう！」（[yuki-hajimeru.net](http://yuki-hajimeru.net)）を通じて、希望者に適切な情報を提供しています。

有機農業の研修をされたり、受けられたりしている皆様に、有機農業の研修受入先をご紹介します。よろしくお願いいたします。

ご紹介いただいた研修受入先には、当方より「有機農業研修受入先データベース作成のための調査」用紙をお送りして、研修内容や施設などについてお尋ねします。ご返送いただいた情報については、研修受入先の皆様にご迷惑をおかけしないように最善の注意を払いながら、ウェブサイトにて、研修を希望される方に情報を提供していきます。なお、ウェブサイトでの登録も可能です。

研修受入先と連絡の取れる情報＜個人（団体）名、連絡先（住所）、TEL、FAX、E-mail など＞を下記の「有機農業参入促進協議会有機研修先調査室」までご連絡ください。

皆様のご協力をお願いいたします。

NPO法人有機農業参入促進協議会  
有機研修先調査室  
〒518-0221 三重県伊賀市別府690-1  
公益社団法人全国愛農会内  
Tel: 0595-52-0108 FAX: 0595-52-0109  
E-mail: [kensyu@yuki-hajimeru.net](mailto:kensyu@yuki-hajimeru.net)



「有機農業をはじめよう！」に掲載されている研修受入先

| 都道府県 | 農園名・組織名                  | 都道府県 | 農園名・組織名                |
|------|--------------------------|------|------------------------|
| 北海道  | 無何有の郷農園                  | 愛知県  | 福津農園                   |
|      | 大塚ファーム                   |      | 矢作川自給村 稲穂の里            |
|      | (有)当麻グリーンライフ             |      | 松本自然農園                 |
|      | 有機農園おやじの村                |      | なのはな畑                  |
|      | ハーベストガーデン福山              |      | 鬱蒼農園                   |
| 岩手県  | グリズファーム                  | 三重県  | 伊賀有機農産供給センター           |
| 宮城県  | ボンディファーム                 |      | 有限会社 この指とまれ            |
| 秋田県  | (公財)農業・環境・健康研究所秋田農場      |      | 七葉ファーム                 |
| 山形県  | 浦田農園                     |      | (有)めぐみの里               |
| 福島県  | チャルジョウ農場                 |      | 村山農場                   |
|      | アズちゃん農苑                  |      | 鷺野農産                   |
| 茨城県  | NPO法人あしたを拓く有機農業塾         | 滋賀県  | ゆうき伊賀の里                |
|      | 自生農場                     |      | 山本農園                   |
|      | 農業生産法人 株式会社 ヴァレンシア       | 京都府  | 晴れやかファーム               |
|      | 森の農園 宇治田農場               |      | てんとうむし畑のオーガニックおやさい梅本農場 |
|      | (株)照沼勝一商店                |      | オーガニックnico             |
| 栃木県  | 木の里農園 有機農業ネットワーク野良の会     | 大阪府  | 霜尾共造農園                 |
|      | 帰農志塾                     |      | べじたぶる・は一つ              |
|      | 株式会社ベジファーム               |      | 堀田農場                   |
|      | 旬の野菜 爽菜農園                | 兵庫県  | ナチュラルリズムファーム           |
|      | コバちゃん農場                  |      | 牛尾農場                   |
| 群馬県  | 大輪キリスト教会・大輪養鶏場           |      | 稲谷農園                   |
|      | ウインドファミリー農場              | 奈良県  | 有限会社類農園                |
| 埼玉県  | 滝の里農場                    |      | セレクトファーム               |
|      | 高崎市倉洲支所産業課               |      | ハンサムガーデン株式会社           |
|      | 横田農場                     |      | (株)陽光ファーム21            |
| 千葉県  | 農業生産法人 株式会社 風の丘ファーム      |      | (有)山口農園                |
|      | やさいかん                    | 和歌山県 | 月ヶ瀬健康茶園                |
|      | ふかや農場                    |      | 田辺印の会                  |
|      | 菜園「野の扉」                  |      | 農業生産法人                 |
|      | (株)くりもと地球村               | 島根県  | 橋本自然農苑                 |
| 神奈川県 | さいのね畑                    |      | 有限会社やさか共同農場            |
|      | 有限会社グリーンポート・アグリ          |      | みずすまし                  |
|      | 農事組合法人 さんぷ野菜ネットワーク       | 岡山県  | 木次乳業有限会社グループ           |
|      | 株式会社生産者連合デコボン            |      | 庄地区無農薬研究会 山崎農園         |
|      | 真澄農園                     |      | 里山農場                   |
|      | (有)北総ベジタブル               | 広島県  | 飯山農園                   |
|      | 林農園                      |      | 安芸の山里農園 はなあふ           |
|      | こめ吉農園                    |      | 渡辺農場                   |
|      | (農)大松農場                  | 山口県  | 坂本農場                   |
|      | NO-RA ～農楽～               |      | こだわり農場                 |
| 富山県  | 農業生産法人なないろ畑株式会社          | 徳島県  | 天神自然農園                 |
| 石川県  | 土合農園                     |      | 小松島有機農業サポートセンター        |
| 福井県  | ユウキファーム山岸                | 香川県  | (有)若葉農園                |
| 長野県  | (有)かみなか農楽舎               |      | よしむら農園                 |
|      | でんぶく農場                   | 愛媛県  | 株式会社 いけちゃん農園           |
|      | (公財)自然農法国際研究開発センター       |      | 榊雲の上ガーデン だっばんや         |
|      | やさいの森                    | 高知県  | 農業生産法人(株)ロカウオ          |
|      | 株式会社mama                 |      | 有機のがっこう「土佐自然塾」         |
|      | くろやなぎ農園                  | 福岡県  | 山下農園                   |
|      | 高坂農園                     |      | 合鴨家族 古野農場              |
|      | あさひや農場                   | 佐賀県  | 農業生産法人 (株)サガンベジ        |
|      | まいん農園                    |      | 佐藤農場株式会社               |
|      | ゆい自然農園                   | 長崎県  | (株)長有研                 |
| 岐阜県  | 柴本無農薬菜園                  |      | (株)うさぎ森田農場             |
|      | (株)あずみ野エコファーム            | 熊本県  | NPO法人 熊本県有機農業研究会・養成塾   |
|      | 中津川・七ツ平高原                |      | 農業生産法人(有)緑商            |
|      | (株)ポテンシャル農業研究所           |      | 健幸一番楽らく農園              |
|      | こころ野農園                   |      | 高丸愛鶏園                  |
| 静岡県  | GOEN農場                   |      | 嶋津農園                   |
|      | 公益財団法人 農業・環境・健康研究所 農業大学校 | 大分県  | 久保田農園                  |
|      | なごみ農園                    |      | 有機農業体験研修農園さいたえんHappy村  |
|      | 葉っぱい向島園株式会社              |      | 佐藤農園                   |
| 愛知県  | しずか村                     | 鹿児島県 | ウジャマー農場                |
|      | 石川農園                     |      | 農業生産法人 (株)エコ・スマイル      |
|      | 太田農園                     |      | かごしま有機生産組合             |
|      | 野菜の城                     | 沖縄県  | (有)大野原有機農業研究会          |
|      | 農業生産法人株式会社そら             |      | 宮古島亜熱帯有機農業生産組合 宮古島愛育農園 |
|      | 高山農園                     |      |                        |

※ 詳しい情報はポータルサイト「有機農業をはじめよう！」に掲載しています。

## 有機農業の経営指標をご提供ください

新規就農時に営農計画を作成しようとしたとき、認定農業者になろうとしたとき、また、自らの農業経営を診断しようとしたとき、基礎となる有機農業のデータがなく、困ったことはありませんか。

いっぽう、都道府県の普及指導員からは、有機農業での経営指標がないため、新規就農者の相談に応じられず、慣行栽培の事例をもとに対応しているとも聞きます。

そこで当協議会では、国の「平成 27 年度有機農業拡大全国推進事業」の一環として、営農計画を作成するときの心臓部にあたる「経営指標データベース」を作成し、公表することにしました。

まずは、手持ちの経営指標データの記入例をウェブサイト「有機農業をはじめよう！」に紹介します。ぜひ、活用いただくとともに、皆さまの経営指標をご提供いただきますよう、お願いいたします。ご提供いただいた方には、謝礼をさせていただきます。

公表した経営指標データをもとに、無料で公開されている「営農計画策定支援システム Z-BFM」（平成 25 年 1 月、JA 全農営農販売企画部、農研機構経営管理プロジェクト）を用いることで、有機農業での営農計画の作成に役立てることができます。

ここで提供した経営指標を使った方は、ぜひ、自らの経営指標をご提供ください。使った方が提供者となり、みんなで、経営指標のデータベースを作り上げていきましょう。

経営指標の記入用紙は、ウェブサイト「有機農業をはじめよう！」からダウンロードできます。

ご提供いただく経営指標は、当協議会事務局まで、お送りいただきますようお願いいたします。

なお、ご提供いただいた個人情報は個人情報保護方針に沿って、本事業の範囲内でのみ利用させていただきます。なお、個人情報を当協議会より第三者に提供することはございません。

経営指標の利用および提供に関するお問い合わせは、下記の「有機農業参入促進協議会事務局」までご連絡ください。

皆様のご理解、ご協力をお願いいたします。

NPO法人有機農業参入促進協議会事務局  
〒390-1401 長野県松本市波田5632-1  
Tel/FAX: 0263-92-6622  
E-mail:office@yuki-hajimeru.net

# 経営指標記入用紙【水稻記入例1】

|         |                                                                                                                                                                 |      |              |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------|
| 品目コード   | 当方で記入します。                                                                                                                                                       | 都道府県 | 長野県          |
| 作目(品種)名 | 水稻(コシヒカリ)                                                                                                                                                       | 作型   | 6月上旬田植え、機械除草 |
| 営農形態    | <input type="checkbox"/> 少量多品目栽培 <input checked="" type="checkbox"/> 品目をしぼった中規模栽培(5ha前後) <input type="checkbox"/> 大規模栽培(10ha以上) <input type="checkbox"/> その他( ) |      |              |
| 技術習熟度   | <input type="checkbox"/> 新規就農者レベル <input checked="" type="checkbox"/> 熟練者レベル                                                                                    |      |              |

除草方法については、詳しく記入してください。

◆労働力  
自家労働: 労働力は可能な範囲で記入ください。  
人、雇用労働 人、無給労働(研修生など) 人

※少量多品目栽培で作目を限定できない場合は、葉菜、根菜、果菜類など合わせた合計値でも可。  
※熟度レベルが判断できない場合は、就農後の年数を記入してください。

営農形態が判断できない場合は、栽培面積を記入してください。

| ◆旬別労働時間(10aあたり) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |    |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|
| 月<br>旬          | 1月  |     |     | 2月  |     |     | 3月  |     |     | 4月  |     |     | 5月  |     |     | 6月  |     |     | 7月  |     |     | 8月  |     |     | 9月  |     |     | 10月 |     |     | 11月 |     |     | 12月 |     |      | 合計 |
|                 | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   | 上   | 中   | 下   |     |     |      |    |
| 作業名             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |    |
| 育苗              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 3.7 | 0.6 | 0.3 | 0.3 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4.9 |     |      |    |
| 耕起、砕土           |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0.5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0.3 |     |     | 0.2 |     | 1.0 |      |    |
| 元肥              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1.3 | 3.3 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4.6 |     |      |    |
| 代かき             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0.5 | 0.6 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1.1 |     |      |    |
| 田植え             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1.9 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1.9 |     |      |    |
| 除草              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0.9 | 2.7 |     |     |     |     |     | 1.9 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5.5 |     |      |    |
| 追肥              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1.4 | 1.3 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2.7 |     |      |    |
| 水管理             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 |     |     |     |     |     |     | 4.0 |     |     |      |    |
| 畦管理             |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2.0 | 1.0 |     |     | 2.2 |     |     | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 8.2 |     |      |    |
| 収穫              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2.2 | 2.1 |     |     |     |     | 4.3 |     |      |    |
| 出荷調整            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 3.1 | 3.1 |     |     |     |     | 6.2 |     |      |    |
|                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0.0 |     |      |    |
|                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0.0 |     |      |    |
| 合 計             | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.5 | 1.0 | 3.7 | 1.1 | 4.4 | 3.7 | 3.7 | 2.7 | 4.2 | 0.5 | 1.3 | 0.3 | 1.3 | 0.3 | 0.3 | 2.1 | 0.2 | 0.1 | 5.3 | 5.2 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 44.4 |    |

※労働時間は、旬別合計のみでも可。

◆機械装備  
トラクター(30馬力)、田植え機、あぜめり機、コンバイン、乾燥機等

主な機械を入れてください。

合計値を入れる必要はありません。

◆作付体系及び粗収益

| 月          | 1月      |   |   | 2月 |   |   | 3月 |   |   | 4月 |   |   | 5月 |   |   | 6月 |   |   | 7月 |   |   | 8月 |   |   | 9月 |   |   | 10月 |   |   | 11月 |   |         | 12月                  |  |  | 備考 |
|------------|---------|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|-----|---|---|-----|---|---------|----------------------|--|--|----|
| 旬          | 上       | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上   | 中 | 下 | 上   | 中 | 下       |                      |  |  |    |
| 作付体系       | ○ ◎ ■ ■ |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |     |   |   |     |   |         | ○:は種<br>◎:定植<br>■:収穫 |  |  |    |
| 収量(kg/10a) |         |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |     |   |   |     |   | 540     |                      |  |  |    |
| 単価(円/kg)   |         |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |     |   |   |     |   | 425     |                      |  |  |    |
| 金額(円)      |         |   | 0 |    |   | 0 |    |   |   | 0  |   |   |    |   | 0 |    |   |   | 0  |   |   |    |   |   |    |   | 0 |     |   |   |     | 0 | 229,500 |                      |  |  |    |
| 副産物(円)     |         |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |     |   |   |     |   | 0       |                      |  |  |    |
| 計          |         |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |     |   |   |     |   | 229,500 |                      |  |  |    |

◆種苗費(10aあたり)

| 品名 | 数量 | 単価  | 使用年数 | 金額    |
|----|----|-----|------|-------|
| 種子 | 2  | 550 | 1    | 1,100 |
| 合計 |    |     |      | 1,100 |

経費は合計のみでもかまいません。以下同様。

◆賃借料(10aあたり)

| 品名 | 単価     | 数量 | 金額     |
|----|--------|----|--------|
| 地代 | 16,000 | 1  | 16,000 |
| 合計 |        |    | 16,000 |

◆肥料費(10aあたり)

| 品名       | 使用量(kg) | 規格 | 価格    | 単価  | 金額     |
|----------|---------|----|-------|-----|--------|
| 米糠       | 60      | 15 | 400   | 27  | 1,600  |
| 油粕       | 30      | 20 | 1,500 | 75  | 2,250  |
| 魚粉       | 20      | 20 | 2,200 | 110 | 2,200  |
| ゼオライト    | 10      | 20 | 2,500 | 125 | 1,250  |
| パーミキュライト | 5       | 20 | 2,000 | 100 | 500    |
| 米糠ペレット   | 120     | 20 | 980   | 49  | 5,880  |
| ソリブル(L)  | 0.3     | 1  | 278   | 278 | 83     |
| 合計       |         |    |       |     | 13,763 |

※金額=使用量×単価

◆その他諸材料費(10aあたり)

| 品名   | 規格 | 単価    | 数量 | 使用年数 | 金額    |
|------|----|-------|----|------|-------|
| 育苗資材 |    | 4,500 | 1  | 1    | 4,500 |
| もみ袋  |    | 320   | 70 | 10   | 2,240 |
| 合計   |    |       |    |      | 6,740 |

※金額=単価×数量÷使用年数

◆農薬費(10aあたり)

| 品名 | 規格 | 単価 | 倍率 | 散布量 | 回数 | 金額 |
|----|----|----|----|-----|----|----|
|    |    |    |    |     |    | 0  |
| 合計 |    |    |    |     |    | 0  |

◆動力光熱水費(10aあたり)

| 品名     | 規格 | 単価  | 数量 | 使用年数 | 金額    |
|--------|----|-----|----|------|-------|
| 軽油     |    | 580 | 1  | 1    | 580   |
| ガソリン   |    | 580 | 1  | 1    | 580   |
| 混合ガソリン |    | 600 | 1  | 1    | 600   |
| 電気     |    | 100 | 1  | 1    | 100   |
| 水道     |    | 660 | 1  | 1    | 660   |
| ガス     |    | 3   | 1  | 1    | 3     |
| 合計     |    |     |    |      | 2,523 |

※情報提供者および連絡先は公表いたしません。

|        |        |
|--------|--------|
| 情報提供者名 |        |
| 連絡先    |        |
| TEL    | E-mail |

情報提供者を特定できる情報は、公開いたしません。

◆支払い手数料(10aあたり)

| 品名 | 手数料 | 販売額 | 金額 |
|----|-----|-----|----|
| 合計 |     |     |    |

◆荷造り運賃(10aあたり)

| 品名       | 単価 | 数量 | 金額 |
|----------|----|----|----|
| 出荷袋(円/袋) | 4  | 20 | 80 |
| 運賃       |    |    | 0  |
| 合計       |    |    | 80 |

◆その他の費用

| 品名      | 金額 |
|---------|----|
| 有機JAS認証 |    |
| 合計      |    |

◇直接経費(10aあたり)

| 費目      | 金額     |
|---------|--------|
| 種苗費     | 1,100  |
| 肥料費     | 13,763 |
| その他諸材料費 | 6,740  |
| 農薬費     | 0      |
| 動力光熱水費  | 2,523  |
| 賃借料     | 16,000 |
| 支払い手数料  | 0      |
| 荷造り運賃   | 80     |
| その他の費用  | 0      |
| 合計      | 40,206 |

※直接経費は合計値のみでも可

経営指標記入用紙【ピーマン記入例1】

|         |                                                      |      |                          |
|---------|------------------------------------------------------|------|--------------------------|
| 品目コード   | 当方で記入します。                                            | 都道府県 | 高知県                      |
| 作目(品種)名 | ピーマン(はばたき3号B)                                        | 作型   | 5月上旬定植、露地栽培、前作は根菜類。中山間地域 |
| 営農形態    | ■少量多品目栽培 □品目をしぼった中規模栽培(5ha前後) □大規模栽培(10ha以上) □その他( ) |      |                          |
| 技術習熟度   | ■新規就農者レベル □熟練者レベル                                    |      |                          |

※少量多品目栽培で作目を限定できない場合は、葉菜、根菜、果菜類など合わせた合計値でも可。  
習熟度レベルが判断できない場合は、就農後の年数を記入してください。

営農形態が判断できない場合は、栽培面積を記入してください。

◆労働力  
自家労働: 労働力は可能な範囲で記入ください  
人、雇用労働 人、無給労働(研修生など) 人

| ◆旬別労働時間(10aあたり) |    |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     |    |    |    |     |
|-----------------|----|---|---|--------------------|---|---|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|----|-----|
| 月               | 1月 |   |   | 2月                 |   |   | 3月 |   |   | 4月 |    |    | 5月 |    |    | 6月 |   |    | 7月 |    |    | 8月 |    |    | 9月 |    |    | 10月 |    |    | 11月 |    |    | 12月 |    |    | 合計 |     |
|                 | 上  | 中 | 下 | 上                  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中  | 下  | 上  | 中  | 下  | 上  | 中 | 下  | 上  | 中  | 下  | 上  | 中  | 下  | 上  | 中  | 下  | 上   | 中  | 下  | 上   | 中  | 下  |     |    |    |    |     |
| 作業名             |    |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     |    |    |    |     |
| 施肥              |    |   |   | 10aあたりでない場合は、単位を記入 |   |   |    |   |   | 10 |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    | 10  |    |    |    |     |
| 耕耘              |    |   |   |                    |   |   |    |   |   | 10 |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     | 10 |    |    |     |
| 畦立て・整地          |    |   |   |                    |   |   |    |   |   | 17 |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     | 17 |    |    |     |
| 除草              |    |   |   |                    |   |   |    |   |   | 14 |    | 10 |    |    | 37 |    |   | 47 |    |    |    | 15 |    | 18 |    |    |    |     |    |    |     |    |    | 141 |    |    |    |     |
| 育苗              |    |   |   |                    |   |   |    |   |   | 10 |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     | 10 |    |    |     |
| 定植              |    |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    | 16 |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     | 16 |    |    |     |
| 灌水              |    |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    | 5  |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     | 5  |    |    |     |
| 追肥              |    |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    | 2  |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     | 2  |    |    |     |
| マルチ・表播種         |    |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    | 2  |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     | 2  |    |    |     |
| 整枝・誘引           |    |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    | 5  |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     | 43 |    |    |     |
| 収穫              |    |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    | 23 | 23 | 15 | 15 | 17 | 20 | 20 | 21 | 28 | 28  | 30 | 17 | 17  | 17 |    | 291 |    |    |    |     |
| 出荷・調整           |    |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    | 12 | 13 | 10 | 10 | 11 | 8  | 8  | 14 | 14 | 13  | 10 | 10 | 9   |    |    | 150 |    |    |    |     |
| 後かたづけ           | 9  |   |   |                    |   |   |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |     | 33 |    |    |     |
| 合計              | 9  | 0 | 0 | 0                  | 0 | 0 | 0  | 0 | 0 | 14 | 47 | 0  | 10 | 30 | 0  | 37 | 0 | 0  | 0  | 47 | 63 | 36 | 25 | 40 | 33 | 45 | 49 | 29  | 42 | 42 | 43  | 27 | 27 | 26  | 0  | 21 | 0  | 742 |

※労働時間は、旬別合計のみでも可。

◆機械装備  
トラクター(23馬力)、管理機、小型耕耘機、ハンマーナイフモア、軽トラ等

主な機械を入れてください。

合計値を入れる必要はありません。

◆作付体系及び粗収益

| 月<br>旬 | 1月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   | 2月 |   |   | 3月 |   |   | 4月 |   |   | 5月 |   |   | 6月 |   |   | 7月 |   |   | 8月 |   |   | 9月 |   |   | 10月 |   |   | 11月 |   |   | 12月 |  |  | 備考 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|--|--|----|
|        | 上                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上   | 中 | 下 | 上   | 中 | 下 |     |  |  |    |
| 作付体系   | <div>△<br/>鉢上げ</div> <div>◎<br/>備考に記号がない場合<br/>は、追加してください。</div> <div>■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■</div> |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |     |   |   |     |   |   |     |  |  |    |

備考に記号がない場合は、追加してください。

| ◆種苗費(10aあたり) |     |     |      |        |
|--------------|-----|-----|------|--------|
| 品名           | 数量  | 単価  | 使用年数 | 金額     |
| 購入苗          | 900 | 30  | 1    | 27,000 |
| マルチ麦         | 9   | 462 | 1    | 4,158  |
| 合計           |     |     |      | 31,158 |

経費は合計のみでもかまいません。以下同様。

| ◆賃借料(10aあたり) |    |    |        |
|--------------|----|----|--------|
| 品名           | 単価 | 数量 | 金額     |
| 地代           |    | 1  | 15,000 |
| 合計           |    |    | 15,000 |

| ◆肥料費(10aあたり) |         |    |      |        |
|--------------|---------|----|------|--------|
| 品名           | 使用量(kg) | 規格 | 価格   | 単価価格   |
| 発酵鶏糞         | 870     | 15 | 115  | 7.7    |
| ブルーマグ        | 45      | 15 | 2212 | 147    |
| こつぶっこ        | 100     | 20 | 2612 | 130    |
| 合計           |         |    |      | 26,314 |

※金額=使用量×単価価格

| ◆その他諸材料費(10aあたり) |    |      |    |         |
|------------------|----|------|----|---------|
| 品名               | 規格 | 単価   | 数量 | 使用年数    |
| 有機培土             | 50 | 3150 | 8  | 1       |
| 支柱パイプなど          |    |      |    | 5       |
| 合計               |    |      |    | 102,770 |

※金額=単価×数量÷使用年数

| ◆農薬費(10aあたり) |    |    |    |     |    |
|--------------|----|----|----|-----|----|
| 品名           | 規格 | 単価 | 倍率 | 散布量 | 回数 |
| 合計           |    |    |    |     | 0  |

| ◆動力光熱水費(10aあたり) |    |    |    |        |
|-----------------|----|----|----|--------|
| 品名              | 規格 | 単価 | 数量 | 使用年数   |
| ガソリン、軽油         |    |    |    | 1      |
| 合計              |    |    |    | 12,770 |

※情報提供者および連絡先は公表いたしません。

|        |        |
|--------|--------|
| 情報提供者名 |        |
| 連絡先    |        |
| TEL    | E-mail |

情報提供者を特定できる情報は、公開いたしません。

| ◆支払い手数料(10aあたり) |     |     |    |
|-----------------|-----|-----|----|
| 品名              | 手数料 | 販売額 | 金額 |
| 共済掛け金           |     |     |    |
| 合計              |     |     | 0  |

| ◆荷造り運賃(10aあたり) |    |       |        |
|----------------|----|-------|--------|
| 品名             | 単価 | 数量    | 金額     |
| 運賃など           |    |       | 73,720 |
| シール            |    | 6,896 | 15,520 |
| ラベル            |    |       | 210    |
| 集荷容器           |    |       | 7,040  |
| 合計             |    |       | 96,490 |

| ◆その他の費用 |    |
|---------|----|
| 品名      | 金額 |
| 有機JAS認証 |    |
| 合計      | 0  |

| ◇直接経費(10aあたり) |         |
|---------------|---------|
| 費目            | 金額      |
| 種苗費           | 31,158  |
| 肥料費           | 26,314  |
| その他諸材料費       | 102,770 |
| 農薬費           | 0       |
| 動力光熱水費        | 12,770  |
| 賃借料           | 15,000  |
| 支払い手数料        | 0       |
| 荷造り運賃         | 96,490  |
| その他の費用        | 0       |
| 合計            | 284,502 |

※直接経費は合計値のみでも可



## 有機農業相談窓口一覧

| 都道府県 | 団体名                        | 電話番号          |
|------|----------------------------|---------------|
| 全国   | 有機農業参入全国相談窓口               | 0558-79-1133  |
| 北海道  | 津別町有機農業推進協議会               | 0152-76-3322  |
| 北海道  | 北海道有機農業生産者懇話会              | 011-385-2151  |
| 北海道  | (公財)農業・環境・健康研究所 名寄研究農場     | 01654-8-2722  |
| 岩手県  | 一関地方有機農業推進協議会              | 0191-75-2922  |
| 岩手県  | 岩手県農林水産部農業普及技術課            | 019-629-5652  |
| 宮城県  | 宮城県農林水産部農産園芸環境課            | 022-211-2846  |
| 秋田県  | NPO 法人永続農業秋田県文化事業団         | 018-870-2661  |
| 秋田県  | 公益社団法人秋田県農業公社              | 018-893-6212  |
| 山形県  | 遊佐町有機農業推進協議会               | 0234-72-3234  |
| 山形県  | 山形県農林水産部農業技術環境課            | 023-630-2481  |
| 福島県  | (公財)福島県農業振興公社 青年農業者等育成センター | 024-521-9835  |
| 福島県  | 福島県農業総合センター有機農業推進室         | 024-958-1711  |
| 福島県  | NPO 法人ゆうきの里東和ふるさとづくり協議会    | 0243-46-2116  |
| 茨城県  | NPO 法人アグリやさと               | 0299-51-3117  |
| 茨城県  | 茨城県農林水産部産地振興課エコ農業推進室       | 029-301-3931  |
| 茨城県  | NPO 法人あしたを拓く有機農業塾          | 090-2426-4612 |
| 栃木県  | NPO 法人民間稲作研究所              | 0285-53-1133  |
| 栃木県  | 栃木県農政部経営技術課環境保全型農業担当       | 028-623-2286  |
| 群馬県  | 高崎市倉渕町有機農業推進協議会            | 027-378-3111  |
| 埼玉県  | 小川町有機農業推進協議会               | 0493-72-1221  |
| 千葉県  | 有機ネットちば                    | 043-498-0389  |
| 千葉県  | 山武市有機農業推進協議会               | 0475-89-0590  |
| 東京都  | 東京都産業労働局農林水産部食料安全課         | 03-5320-4834  |
| 東京都  | NPO 法人日本有機農業研究会            | 03-3818-3078  |
| 新潟県  | 三条市農林課                     | 0256-34-5511  |
| 新潟県  | にいがた有機農業推進ネットワーク           | 025-269-5833  |
| 新潟県  | NPO 法人雪割草の郷                | 0256-78-7234  |
| 富山県  | 富山県農林水産部農業技術課              | 076-444-8292  |
| 石川県  | 金沢市有機農業推進協議会               | 076-257-8818  |
| 山梨県  | 山梨県農政部農業技術課                | 055-223-1618  |

| 都道府県 | 団体名                            | 電話番号          |
|------|--------------------------------|---------------|
| 長野県  | (公財)自然農法国際研究開発センター             | 0263-92-6800  |
| 静岡県  | 一般社団法人 MOA 自然農法文化事業団           | 0558-79-1113  |
| 愛知県  | オアシス 21 オーガニックファーマーズ朝市村        | 052-265-8371  |
| 三重県  | 社団法人全国愛農会                      | 0595-52-0108  |
| 滋賀県  | NPO 法人秀明自然農法ネットワーク             | 0748-82-7855  |
| 京都府  | 京都府農林水産部農産課環境にやさしい農業推進担当       | 075-414-4959  |
| 京都府  | 京都乙訓農業改良普及センター                 | 075-315-2906  |
| 京都府  | 山城北農業改良普及センター                  | 0774-62-8686  |
| 京都府  | 山城南農業改良普及センター                  | 0774-72-0237  |
| 京都府  | 南丹農業改良普及センター                   | 0771-62-0665  |
| 京都府  | 中丹東農業改良普及センター                  | 0773-42-2255  |
| 京都府  | 中丹西農業改良普及センター                  | 0773-22-4901  |
| 京都府  | 丹後農業改良普及センター                   | 0772-62-4308  |
| 兵庫県  | 兵庫県農政環境部農林水産局農業改良課             | 078-362-9210  |
| 奈良県  | 有限会社山口農園～オーガニックアグリスクール NARA    | 0745-82-2589  |
| 和歌山県 | 和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課農業環境・鳥獣害対策室 | 073-441-2905  |
| 和歌山県 | NPO 法人和歌山有機認証協会                | 073-499-4736  |
| 島根県  | 島根県農林水産部農産園芸課                  | 0852-22-6704  |
| 岡山県  | 岡山商科大学経営学部岸田研究室                | 080-1947-6139 |
| 広島県  | 食と農・広島県協議会                     | 090-3177-0438 |
| 山口県  | 山口県有機農業推進団体協議会                 | 090-4691-9223 |
| 徳島県  | NPO 法人とくしま有機農業サポートセンター         | 0885-37-2038  |
| 香川県  | 香川県農政水産部農業経営課                  | 087-832-3411  |
| 愛媛県  | 今治市有機農業推進協議会                   | 0898-36-1542  |
| 高知県  | 有機のがっこう「土佐自然塾」                 | 0887-82-1700  |
| 熊本県  | くまもと有機農業推進ネットワーク               | 096-384-9714  |
| 熊本県  | NPO 法人熊本県有機農業研究会               | 096-223-6771  |
| 大分県  | NPO 法人おおいた有機農業研究会              | 097-567-2613  |
| 鹿児島県 | 鹿児島有機農業技術支援センター                | 0995-73-3511  |
| 沖縄県  | (公財)農業・環境・健康研究所 大宜味農場          | 0980-43-2641  |

※詳しい情報はウェブサイト「有機農業をはじめよう！」に掲載しています。

## 「有機農業実践講座」開催のご案内

### ■秋冬野菜の有機栽培

講義と実習を通して、有機農業による野菜づくりの理解を深めていただくための講座です。

開催日 平成27年11月21日（土）～23日（月）（2泊3日）

会場 有機のがっこう「土佐自然塾」（高知県土佐郡土佐町）

宿泊 泊さめうら荘（高知県土佐郡土佐町）

参加定員 20名

受講料 12,000円

宿泊食事代 18,000円（2泊5食）

主催 有機農業参入促進協議会

共催 有機のがっこう「土佐自然塾」

講師 西村和雄、木嶋利男、山下一穂



### ■堆肥づくり・土づくりから育苗まで

土壌の特性や作物に合わせた堆肥の造り方や使い方、堆肥を組み合わせた育苗培養土をベースとした健全な育苗技術などを学ぶことを通して、「育土」について理解を深めていただく講座です。

開催日 平成28年2月12日（金）～14日（日）（3泊4日）

会場 堆肥・育土研究所（三重県津市）

宿泊 ホテルアザリア（三重県津市）

参加定員 15名

受講料 30,000円

宿泊食事代 15,000円（3泊9食）

主催 有機農業参入促進協議会

後援 全国愛農会

講師 西村和雄、橋本力男



※参加申込方法など、詳しい情報はウェブサイト「有機農業をはじめよう！」（<http://yuki-hajimeru.net/>）をご覧ください。

## 有機農業果樹・茶講座 開催一覧

| 講座名  | 開催年月          | 開催地         | テーマ                   | 主催                  | 共催                     | 後援                                          |
|------|---------------|-------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------------------|
| 柑橘   | 2012 年<br>9 月 | 佐賀県<br>鹿島市  | 佐賀・佐藤農場株式<br>会社の実践に学ぶ | 有機農業<br>参入促進<br>協議会 |                        | 九州農政局、<br>佐賀県、長崎<br>県、熊本県、<br>宮崎県、鹿島<br>市   |
| 柑橘   | 2013 年<br>9 月 | 愛媛県<br>八幡浜市 | 愛媛・菊池農園の実<br>践に学ぶ     | 有機農業<br>参入促進<br>協議会 |                        | 愛媛県、八<br>幡浜市                                |
| 落葉   | 2014 年<br>1 月 | 長野県<br>松川町  | 有機栽培はどこまで<br>可能か      | 有機農業<br>参入促進<br>協議会 | 松川有機農業<br>研究会          | 長野県、松川<br>町、長野県有<br>機農業研究<br>会              |
| 柑橘   | 2014 年<br>9 月 | 和歌山県<br>有田市 |                       | 有機農業<br>参入促進<br>協議会 | 有田地方環境<br>保全型農業研<br>究会 | 和歌山県、有<br>田市、有田川<br>町、湯浅町、<br>広川町、JA<br>ありだ |
| 落葉   | 2015 年<br>1 月 | 山梨県<br>甲州市  | 有機栽培はどこまで<br>可能か      | 有機農業<br>参入促進<br>協議会 | 東仲倶楽部                  | 山梨県、甲州<br>市、やましな<br>有機農業連<br>絡会議            |
| 柑橘・茶 | 2015 年<br>9 月 | 静岡県<br>静岡市  |                       | 有機農業<br>参入促進<br>協議会 |                        | 静岡県、静岡<br>市                                 |

本資料の複製、転載および引用は、必ず原著者の了承を得た上で行ってください。

2015 年 9 月 25 日発行  
有機農業実践講座 柑橘・茶栽培 資料集  
NPO 法人有機農業参入促進協議会事務局  
〒390-1401 長野県松本市波田 5632-1  
Tel/FAX：0263-92-6622  
Email：office@yuki-hajimeru.net  
Website: yuki-hajimeru.net





# 第 16 回有機農業公開セミナーin 東京

～土づくりと有機農業を考える～



農業の基本は、「土づくり」にあります。しかし、土は工業製品のように機械的に作れるものではありません。有機物をエサとして土に棲息するさまざまな生きものはたらきにより、農業生産を支える土が形成されていくのです。そして、土の状態によって農産物の風味に違いが見られます。

そこで今回は、土のなかの生きものはたらきと有機農産物の風味について、また、堆肥のつくり方、使い方を実際を学べる場として、公開セミナーを開催いたします。皆さまのご参加をお待ちしております。

詳しくは、ウェブサイトをご覧ください。

開催日時 平成 27 年 10 月 9 日（金）～10 日（土）

1 日 目 基調講演とパネルディスカッション

2 日 目 実施者に学ぶ堆肥づくり・土づくり

受講料 1,000 円。その他、希望者は情報交換会費 3,500 円

主催 NPO 法人有機農業参入促進協議会

共催 日本有機農業研究会、國學院大學環境教育研究プロジェクト、渋谷・環境と文化の会

後援 農林水産省



有機農業をはじめよう!

NPO法人**有機農業参入促進協議会**

yuki-hajimeru.net



NPO 法人有機農業参入促進協議会（有参協）では、有機農業をはじめたい方を応援しています。全国の有機農業者、有機農業推進団体と連携して、研修先、相談窓口などの情報発信や相談会、実践講座、公開セミナーの開催など、さまざまな活動を行っています。