



# 野菜茶業研究所

ニューズ 54

2015.03



特集

## 土壌を創る

有機質肥料活用型養液栽培  
から誕生した技術

野菜病害虫・品質研究領域  
野菜IPM研究グループ

しのはら まこと  
篠原 信



### 1 有機質肥料活用型養液栽培とは？

有機質肥料活用型養液栽培は、従来、不可能であった有機質肥料を利用した養液栽培のことです。その実現のコツは、栽培前に次の3つの注意点を守る、というシンプルなものです。

1. 水に土壌を少量加える (10g/L)。
2. 有機質肥料を少量ずつ徐々に添加する (0.1~0.5g/L/day)。
3. 2週間以上曝気 (空気を送り込み酸素を供給すること) する。

これで栽培に必要な微生物を含む養液ができます。あまりにシンプルに要点をまとめすぎたためか、研究者の中にも「土を水に放り込めば誰にでもできるんでしょ」とおっしゃる方がいますが、開発は容易に進むことがなく、140年以上も前に養液栽培 (水耕栽培) が誕生してから現在まで、有機質肥料を活用した養液栽培は実現できませんでした。

なぜでしょうか。土壌は入れすぎても少なすぎても水が腐敗します。また有機質肥料の添加量が多すぎても (2g/L/day以上) 水が腐敗します。腐敗した水に野菜の苗を植えても、根が腐敗し、育ちません。この、「水が腐敗する」という現象を克服できなかったのです (図1)。



図1 有機質肥料の水への添加実験

左: 水に有機質肥料を加えると水が腐敗し、トマトの苗は根が傷害を受け、すべて枯死した。

右: 本稿で紹介の有機質肥料活用型養液栽培では、有機質肥料を加えても問題なくトマトが生育した。

では、腐敗とは何でしょう。結論を言えば、「本来2段階で進むべき微生物分解が1段階で止まってしまう状態」のことです。土壌中では、有機質肥料は2段階の微生物反応（アンモニア化成、次に硝酸化成）が進みます。ですから土壌では有機質肥料を使って作物を育てることができるのです。しかし、水中では1段階（アンモニア化成のみ）で分解が止まってしまうため、ほとんどの野菜は育たないか枯れてしまいます。多くの作物は好硝酸性植物と言って、硝酸を吸収できないと健全に育たないからです。「水が腐敗する」とは、アンモニア化成までしか分解が進まない状態のことなのです。

このことは他の研究者も気づいており、アンモニアだらけの腐敗した水に硝化菌（硝酸化成を進める微生物）を加えて、硝酸に変えようとしたのですが、うまくいきませんでした。硝化菌は大量の有機成分にさらされると活性を完全に失ってしまう（場合によっては死滅してしまう）からです（図2）。アンモニアだらけの腐敗した水には、まだ大量の有機成分が残存して

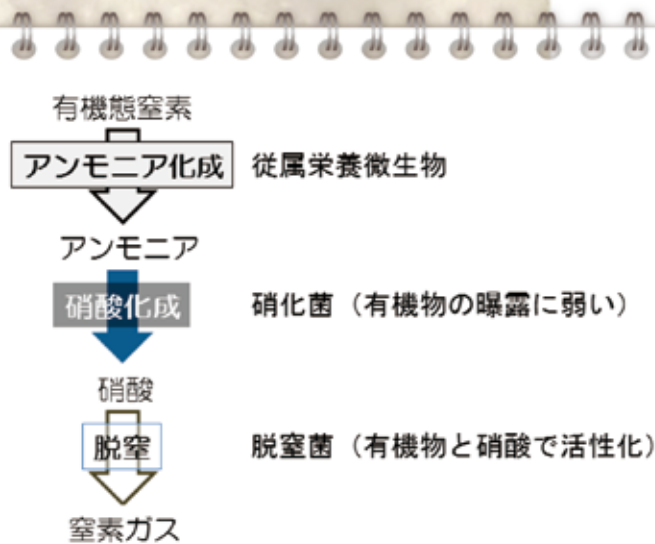


図2. 有機物の分解過程

有機物に含まれるタンパク質などの有機態窒素は、アンモニア化成、硝酸化成、脱窒の順で進む。硝化菌は有機物の曝露でダメージを受けやすく、硝酸化成が完全に停止することがある。脱窒菌は有機物をエネルギー源として活性化し、脱窒反応を活性化する。

おり、この中に硝化菌を入れるとダメージを受けて、完全に活性を失ってしまいます。結局、「水が腐敗する」状態から抜け出すことができなかったのです。

そこで私は、<sup>じゅんか</sup>「馴化培養」という手法をとることにしました。毒であっても少しずつ与えれば馴れてくる、という培養法です。有機物は硝化菌にとっては毒になりますが、少しずつ与えれば馴れてくるだろう、と発想したのです。狙い通り、硝化菌は有機成分のダメージを克服し、水中でも2段階の反応、すなわちアンモニア化成と硝酸化成が同時並行的に進むようになりました。二つの微生物反応を同時並行的に進めることから、この方法を並行複式無機化法と呼ぶことにしました。

いったん硝化菌が活性化した培養液であれば、かなり大量の有機質肥料(10g/L)を加えても硝化菌はダメージを受けにくくなります。こうして馴化した培養液を養液栽培の養液に加えると、有機質肥料を添加しながら養液栽培が可能になります（図3）。

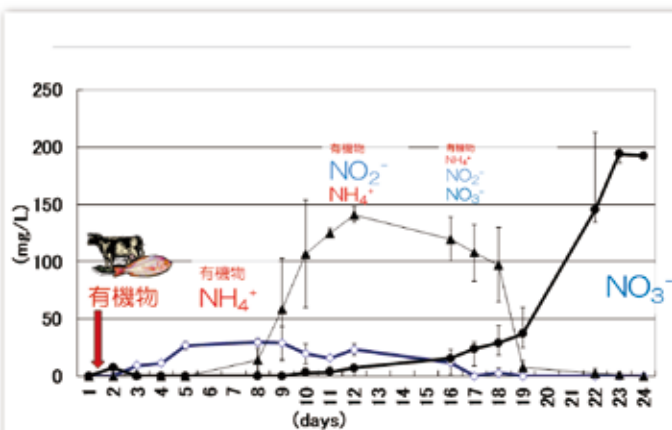


図3. 水中での硝酸の生成

少量の有機物を初期にだけ添加すると、硝化菌はダメージを克服して生き残る(初期の4日間程度)。アンモニアが生成し始めると同時に有機物は分解されて減っていく。それによって硝化菌へのストレスが減り、硝化菌はアンモニアを硝酸に変えてエネルギーを得るようになる。アンモニアがすべて硝酸に変化したころには有機物はほとんど分解される。このため、脱窒菌は有機物をエネルギーとして利用できず、脱窒を抑えることができる。

現在、有機質肥料活用型養液栽培技術によって、ミズナ、ミツバ、レタスといった葉菜類、イチゴ、トマトといった果菜類の栽培が実用化しており（図4）、高品質・高収量で野菜を生産することができます。また、本栽培技術は青枯病菌や病原性フザリウム菌による根部病害を抑制する効果があり、農薬低減にも役立ちます。

#### 「有機質肥料活用型養液栽培マニュアル」

[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/laboratory/vegetea/pamph/051084.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/vegetea/pamph/051084.html)

ここまでが有機質肥料活用型養液栽培の概略です。この技術から派生して生まれた技術が、「土壌を創る」です。



図4. トマトの有機質肥料活用型養液栽培

有機質肥料活用型養液栽培で栽培したトマト。化成肥料で育てた従来の養液栽培とそん色なく生育する。

## 2 土壌を創る、とは？

月の土は、土壌ではない、ということをご存じでしょうか。月の土を地球に持ち帰り、生ごみなどの有機質肥料を加えても、野菜を育てることはできません。生ごみが腐敗し、その腐敗成分で野菜の根が傷んでしまうからです。つまり月の土ではアンモニア化までの分解しか期待できません。月の土だけでなく、地球上においても、土壌以外に有機質肥料を肥料として活用できる媒体は存在しません。ロックウールやパーミキュライトといった培養土に有機質肥料を加えると、やはり腐敗します。腐敗させずに養分にまで分解し、植物を育てられるのは、「土壌」だけなのです。

実は、「土」と「土壌」は厳密には定義が異なります。土という言葉はただの鉱物粒子の集まりでしかないものも含んでおり、その場合は硝化菌をはじめとする微生物がほとんどいません。したがって月の土は、土壌ではありません。これに対して土壌は硝化菌を含む豊かな微生物相を示し、有機質肥料をアンモニア化、硝化化の2段階で分解し、硝酸を生成することができます。だから、植物を育てることができるのです。土壌を明確に定義するなら「有機物を分解し植物に硝酸を供給できる」機能を最低限有するもの、ということになります。

以上のことから、意外なことに気づかされず、土壌を創る技術を、人類は持ち合わせていなかった、ということです。こんなに身近で、しかも食糧の大半を育ててくれる土壌を、人類はまだ創出する技術を持っていなかったのです。

このことは、研究面でも実用面でも、大きな課題を突き付けられたこととなります。たとえば土壌サンプルの採取場所を1センチわずかだけで含まれる土壌鉱物も微生物相も大幅に違ってしまいうため、土壌についての再現性のある

データを取得するのが困難です。また、根は土壌粒子に埋没して見えないので、研究がとてもしづらいです。土壌と根は、食糧生産のまさに「土台」であり「根幹」の部分でありながら、研究解析を容易に許さないブラックボックスでした。

実用面でも厄介です。たとえば、塩害や汚染物質のためにその土壌では栽培できなくなってしまうことがあります。その土壌を除去し、ここに客土をしたとしても、それは「土」ではありますが「土壌」ではないため、有機質肥料を分解する力がありません。「土」を「土壌」に変えるには、堆肥を鋤き込んで耕すことを繰り返し、長い場合は10年もかけて粘り強く土壌へと育成する必要があります。速効で「土」を「土壌」化する技術がないことが、時間を要する原因であるとも言えます。

もし非土壌を土壌化することができれば、つまり「土壌を創る」ことができれば、これらの問題に解決策を提示できるかも知れません。

### 3 ソイライゼーション 土壌化Soilizationの技術

有機質肥料活用型養液栽培の技術を応用すれば、簡単に土壌を創造することができます。ウレタンなどの人工樹脂やロックウール、パーミキュライトなどの鉱物質、どちらでも構いませんが、多孔質の媒体に有機質肥料活用型養液栽培の微生物群を固定化すると、アンモニア化成と硝酸化成を同時並行して進めることができ、土壌機能を付与することができます。この土壌機能を付与する技術を土壌化Soilizationと呼ぶことにしました。土壌化したウレタンなどの媒体は、有機質肥料を硝酸にまで分解し、植物を育てることができるようになります（図5）。

非土壌に土壌機能を付与する土壌化の技術は、研究面で大きな可能性を秘めています。既述のように土壌には多種多様な鉱物が含まれ、1gの土壌サンプルを100通り調べれば100通りの鉱物組成と微生物相のデータに分かれてしまうほど、土壌の解析で再現性あるデータを取得すること



図5. 土壌化したウレタンによるトマトの栽培

土壌化処理を施したウレタン(左)とそれを培地として、有機質肥料を加えながら栽培したトマト(右)。



は困難でした。しかし、土壌化技術ならば各種鉱物、たとえばバーミキュライトやカオリナイトなどを土壌化し、微生物相や植物の生育に与える影響などを個別に調べることで、解析的かつ再現性の高いデータを取得することができます。これまでは鉱物ごとに調べたくても、鉱物にバラしてしまうと土壌機能を失ってしまうので検討できませんでしたが、土壌化の技術は、これまでにない研究手法を提供することになります。

根の研究でも、有機質肥料活用型養液栽培（この場合は水を土壌化したとみなすことが可能、「水壌栽培」とでも呼ぶべきでしょうか）なら栽培装置の蓋を開けるだけで根を直接観察したり、サンプルを採取したりすることができます。根と微生物の相互作用を研究するのが非常に容易になります。これまで困難だった土壌微生物と根の解析手段を、土壌化の技術は提供してくれます。

また、将来的には現場に広く応用される可能性があります。既述のように、客土をしたり天地返しをしたりすると作土層（微生物活性が高く、有機質肥料を速やかに分解する力が強く、作物がよく育つ土壌の表層、10センチ程度の厚みだと言われています）が破壊されるため、「土壌」ではなく「土」になってしまいます。これでは有機質肥料を分解する力が大幅に落ちてしまい、十分な生産量を回復することは望めません。ですが、土壌化技術を利用すれば、有機質肥料の分解機能を速やかに回復でき、土壌改良を早めることができる可能性があります。また、ウレタンなどの非常に軽量の媒体を土壌化できるため、これまで



Soiliz



重量が問題で実施が困難だった屋上緑化においても、軽量化されたウレタンによって栽培が可能な場所に変えられる可能性もあります。さらに、アスファルトで敷き詰められた都市では食糧生産は事実上不可能でしたが、手近に入手可能な多孔質の媒体に土壌化の処理を施せば、アスファルトの上でも食糧生産することができるとも思われます。土壌がなければできなかったことが、土壌化技術であれば可能になるのです。

#### 4 終わりに

本栽培技術の誕生により、養液栽培では不可能と言われてい

た有機質肥料の利用を実現しました。将来は日本中で、いや世界中でこの栽培技術が普及することを夢見ています。

そのためには栽培技術のさらなる改良が欠かせません。従来の無機肥料を使用する養液栽培でも、現在のように普及するまでには140年もの時間を経過しています。今もたくさんの研究者が改良研究を続けています。その実績を活用させていただきつつ、無機養液栽培に負けない使い勝手のよい栽培方法になるよう、さらに開発を進めたいと考えています。

他方、本栽培技術が本領を発揮するのは、科学研究の側面かもしれません。見えなかった根と微生物の相互作用が直接観察できること、創れなかった土壌を創れるようになったこと、これは土壌の研究、根の研究に大きなブレークスルーとなる可能性を秘めています。根の秘密、土壌の秘密を解き明かすべく、研究にまい進していきたいと考えています。

## チャ輪斑病菌の QoI剤耐性検定法



### 1 はじめに

チャ輪斑病は、かびの一種のペスタロチオブシス菌が葉や茎の傷口から感染することで起こるチャの重要病害です（図1）。全国的に広く発生し、チャを栽培する上で防除が必要な病害の一つとなっています。輪斑病に効果のある農薬はいくつかありますが、中でもアゾキシストロピン水和剤は高い防除効果を示すことから、基幹防除薬剤として広く使用されています。ところが近年、アゾキシストロピンを含むQoI剤と呼ばれる系統の薬剤に対する耐性を獲得した輪斑病菌が発生して問題となっています（図2）。QoI剤耐性菌が多い茶園ではQoI剤を散布しても効果がないため、事前に耐性菌の発生状況を調査して、適切な薬剤を選ぶ必要があります。そこで、輪斑病菌のQoI剤耐性の検定法の開発に取り組みました。

### 2 遺伝子診断法

輪斑病菌のQoI剤耐性は、QoI剤が作用する標的となるタンパク質の遺伝子の変異によって起こります。そこで、この遺伝子変異を検出することでQoI剤耐性を調べる方法を開発しました（図3）。従来の方法（寒天平板希釈法、図2）では検定に3～4日間かかりましたが、遺伝子診断法では最短4時間で検定結果が得られます。

### 3 煮沸チャ葉法

耐性菌の発生状況は個々の茶園ごとに異なっており、隣り合う茶園の間でも大きく違うことがあります。このため、耐性菌の調査はそれぞれの茶園ごとに実施する必要があります。しかし、遺伝子診断法や寒天平板希釈法を実施できるのは必要な機器が整備された農業試験場など



図1 チャ輪斑病の病徴(左)と病原菌(右)

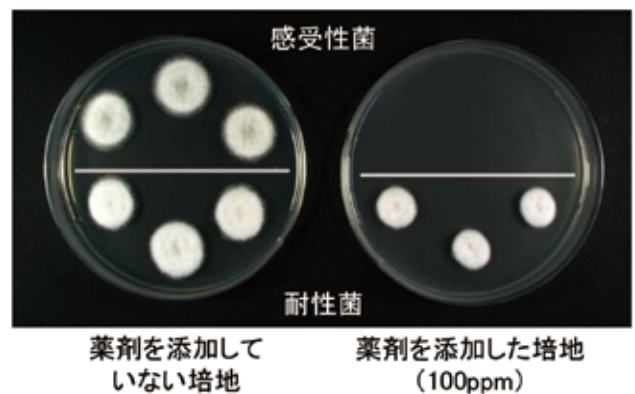


図2 チャ輪斑病菌のQoI剤耐性  
アゾキシストロピンを添加した培地(右)では、通常の輪斑病菌(感受性菌・上)はまったく生育できないのに対し、耐性菌(下)はわずかに抑制されるだけである。



に限られるため、きめ細かな調査を行うことができません。そこで、寒天培地の代わりに煮沸したチャ葉を培養基質として用いた耐性菌検定法を開発しました(図4)。この方法は専門的な技能や機器を必要とせず、普及・指導機関や生産者が簡単に実施できます。

検定の結果、耐性菌の割合が50%以上の茶園では、QoI剤の防除効果が低いため他系統の薬剤を選択する必要があります。また、割合が低くても1回のQoI剤散布で耐性菌が急激に増えることがあるため、検定は毎回実施することが理想的です。

## 4 最後に

今回開発した検定法は、それぞれ異なる特

長があります。従来法も含め、利用場面に応じて使い分けることで、チャ輪斑病におけるQoI剤耐性菌対策に大きく貢献するものと考えています。

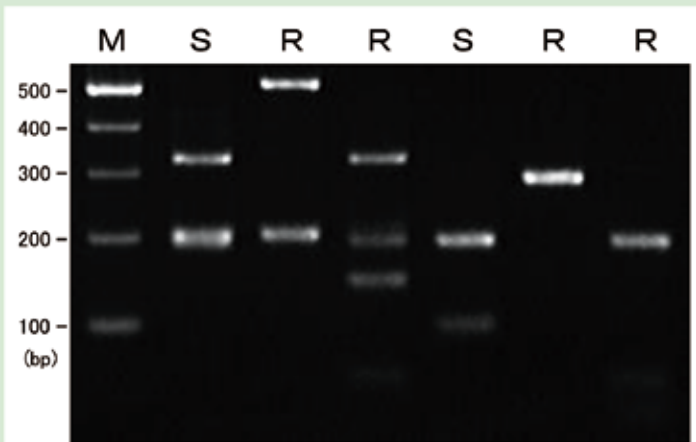


図3 耐性菌の遺伝子診断

感受性菌(S)には2種類、耐性菌(R)には4種類のバンドパターンがある。Mはサイズマーカー。

**1** 容器にティッシュペーパーを敷いて水道水で湿らせ、輪斑病罹病葉を置いて密閉し、室温(20~30°C)、室内散光下に2~4日間置いて胞子を形成させる。

**2** 健全なチャ成葉を熱湯で5~10分間煮沸し、半数はそのまま、残りの半数は薬液(アミスター20の200倍希釈)に浸漬してから、湿らせたティッシュを敷いた容器に並べる。

**3a** 軽く湿らせた綿棒で罹病葉上の胞子を拭い取り、無処理→薬剤処理の順で煮沸チャ葉に軽く触れて胞子を付着させる。

**3b** ①を省略し、胞子の代わりに数mm角の病斑片を煮沸チャ葉上に置くことも接種できる。

**4** 密閉して室温で静置すると白色・綿毛状のコロニーを形成する。接種3日後に薬剤処理区で無処理区と同等に生育したものを耐性菌と判定する。

**5** 輪斑病菌は室内散光下で7~10日間置くと多数の黒い胞子塊を形成する点で雑菌と区別できる。

図4 煮沸チャ葉法による耐性菌検定

- 注1) 雑菌の混入を防ぐため、気流のない静かな室内で清潔な器具を用いて手早く操作を行う。また輪斑病菌に対する活性の低い殺菌剤であるインダーフロアブル(200倍希釈)を薬液に加えることで雑菌の繁殖を抑えられる。
- 注2) チャ葉から溶出したカフェインと思われる白い物質が煮沸後のチャ葉に付着することがあるが、検定への影響はない。
- 注3) 病斑片接種では所要日数を短縮できるが、雑菌が繁殖しやすく検定結果がやや不安定となる。

# ラオス・カンボジア ベトナムを訪ねて

野菜育種・ゲノム研究領域  
果菜育種研究グループ

かわず よいち  
川頭 洋一

農林水産省の委託プロジェクト研究「海外植物遺伝資源の収集・提供強化」に係る用務として、2014年9月に、農業生物資源研究所・遺伝資源センターの2名と一緒に東南アジア3カ国の農業関連の研究所を訪問しました。

このプロジェクトは、2014年度から5年間の予定で始まり、国内では農業生物資源研究所(代表機関)や農研機構などの独法、大学および県の公的研究機関が参画し、海外ではラオスのNational Agriculture and Forestry Research Institute (NAFRI)、カンボジアのCambodian Agricultural Research and Development Institute (CARDI)、ベトナムのPlant Resources Center (PRC)が参画しています。

地球温暖化等による生産の不安定化や、国内農業の競争力強化に対応できる画期的な野菜やイネ品種を育成するためには、遺伝的に多様な植物遺伝資源の確保が重要です。このプロジェクトでは、熱帯アジア地域にどのような特性を持った野菜やイネ等の遺伝資源があるのかを調査し、種苗会社や公的研究機関等が育種利用できる環境

を整備していくことを目的としています。我が国と共同研究相手国の両方で重要性が高い作物について、遺伝資源の探索や特性評価等を実施しますが、野菜については、ラオスではナス、カンボジアではメロンとトウガラシ類、ベトナムではキュウリとカボチャを研究対象にしています。

今回の海外出張では、最初にラオスのピエンチャンを訪問しました。そこでまず驚いたのは、ものすごい数のバイクが走っている光景です(カンボジアのプノンペン、ベトナムのハノイでも同様でした)。4人乗り(夫婦と子ども)とか、赤ん坊を抱きかかえて片手運転する母親もいました。ラオス NAFRI のHorticulture Research Center (HRC)では、圃場や施設を視察するとともに、HRCで実施するナスの特性調査および種子増殖等について、担当者で打合せをしました。ここではナスの育種を行っていて、近年調理用の長ナスと、生で食べられる丸いナスの2品種を育成したとのことでした。また、農家のために野菜の種子増殖を行っていて、自分で種子を増やす農家もいれば、HRCから種子



CARDIの圃場風景(トウガラシを栽培中)



PRCの圃場風景(委託プロジェクトのキュウリ遺伝資源特性評価のため、育苗中)



を買う農家もいるということでした。

ラオスの次はカンボジアのプノンベンに移動してCARDIを訪問し、圃場や施設を視察するとともに、CARDIで実施するメロンとトウガラシ類の特性調査および種子増殖等について、担当者で打合せをしました。なお、CARDIでは、少量ですが農家のためにトマトとトウガラシの種子増殖を行ったり、トマト・スイカ・トウガラシの育種を行っているそうです。また、カンボジアの農家は通常、「野菜の種子を市場で買って、それらの種子はタイ等から輸入している」、「種子だけでなく野菜そのものも40~50%を近隣国から輸入している」、「観光客が増加しているためレストランが増え、それに伴って野菜の需要も増加している」、とのことでした。

最後にベトナムのハノイに移動してPRCを訪問し、圃場や施設を視察するとともに、PRCで実施するキュウリとカボチャの特性調査および種子増殖等について、担当者で打合せをしました。その後、キュウリやトマト、ナス、キャベツ等を栽培している野菜産地を視察しました。ベトナムの農家も通常、野菜の種子を市場で買って、それらの種子は輸入している、国内に種苗会社はあるが小さい、

とのことでした。

各訪問国において、野菜などを売っている市場も視察しました。衛生的に問題があるのでは、と感じる場所もありましたが、野菜以外に果物、魚、肉、さらには生きている食用ガエル等、様々な農産物が並べてあり、たいへん興味深いものでした。

このプロジェクトでは、対象とする作物ごとに国内の主担当者がいますが、筆者は野菜の課題全体をとりまとめる担当であることから、今回、野菜の課題の代表として東南アジア3カ国を訪問して研究打合せを行いました。このプロジェクトでは、遺伝資源の特性評価・種子増殖を行うだけでなく、共同で遺伝資源探索を行ったり、相手国における育種事業を支援する一環として、相手国の研究者を日本に招聘して特性評価手法などの技術移転も図っています。近年、自国の遺伝資源に対する権利意識が高まっており、海外から新たな遺伝資源を導入することが難しくなっていますが、共同研究を通じて信頼関係を築き、将来的には植物遺伝資源を相互利用できる環境整備の実現を目指しています。

## 武豊野菜研究拠点 閉所について

野菜茶業研究所武豊野菜研究拠点は、平成27年(2015年)3月31日をもって、同研究所つくば野菜研究拠点にその研究機能を移転し、閉所することになりました。

武豊野菜研究拠点は、昭和12年(1937年)に蚕糸試験場武豊支場として開設され、昭和35年(1960年)の東海近畿農業試験場栽培第二部への改組を経て、昭和48年(1973年)に野菜試験場施設栽培部となり、野菜、花きの施設栽培に関する試験研究に特化し、昭和61年(1986年)の茶業試験場との統合後は野菜・茶業試験場施設生産部、平成13年(2001年)の独法化以降は野菜茶業研究所武豊野菜研究拠点として、先端的な野菜の施設栽培の研究を実施してきました。平成23年(2011年)以降はつくば野菜研究拠点への研究機能、人員の移転が進んでいましたが、人影まばらで寂しくなってきたとはいえ、残った職員の頑張りで活性を落とすこともなく、今日まで業務を推進してきました。夏までしか対応できませんでしたが、拠点最終年度になる平成26年度も外部からの施設、研究視察のお申し込みをいくつもいただき、施

設野菜生産に関わる研究機関としての武豊野菜研究拠点が未だに大きな存在感を持っていることが実感でき、わが国の施設野菜(花き)生産の発展に、武豊野菜研究拠点で実施された研究も少なからず貢献できたのではないかと自負しております。

施設野菜生産は今後、大規模化、化石燃料依存からの脱却、高度環境制御化、コスト削減などの課題に対応していく必要があり、新しい技術の開発に携わる研究機関への期待には大きいものがあります。武豊野菜研究拠点で累々と築かれてきた研究の流れは、つくば野菜研究拠点に引き継がれ、より一層の発展を目指すこととなりますが、関係各所の皆様には、今後も変わらずご支援いただけるよう、お願いしたいと思います。

平成27年3月  
野菜茶業研究所 野菜研究調整監 浜本 浩



ハイワイヤー誘引栽培による  
トマトの紹介



4/17 (金)  
18 (土)

平成27年度  
つくば野菜研究拠点  
一般公開  
(食と農の科学館会場)

午前10時～午後4時  
(受付終了:午後3時30分)  
食と農の科学館(つくばリサーチギャラリー)  
茨城県つくば市観音台3-1-1



植物工場産野菜の試食  
「サンプルジュ」ドレッシングとともに

※ 写真は昨年の様子です。