

## 2021年度共同研究等の成果発表会概要報告

2021年度にPFCで行われた研究成果の発表会をハイブリッド形式で開催しました。以下は、そのタイトル・発表者・概要です。詳細は植物工場研究センターのHPに掲載しています。

### 1. 植物ウイルスベクターによる植物工場での

#### タンパク質生産

望月 知史 (大阪公立大学大学院農学研究科)

近年、植物を用いて有用タンパク質を大量生産するいくつかの技術が注目されている。その中で、植物ウイルスベクターを用いたタンパク質生産は、導入遺伝子を短時間で多く発現させる方法であり、過剰発現させたいタンパク質をコードする遺伝子を導入した遺伝子組換えウイルスベクターを植物に感染させて、ウイルスRNAからの翻訳により目的タンパク質を大量生産させる。本研究では、植物ウイルスベクターを用いて、ワクチン抗原となる動物ウイルスタンパク質の生産を試みた。植物ウイルスベクターに動物ウイルス由来の異なる3種の遺伝子を導入し、植物ウイルス研究のモデル植物 *Nicotiana benthamiana* に接種したところ、各タンパク質の発現を確認した。

### 2. ファインバブルを用いた水耕栽培の可能性

平江 真輝 (株式会社サイエンス)

ファインバブル (FB) とは約 100  $\mu\text{m}$  未満の微細気泡のことであり、中でも 1~100  $\mu\text{m}$  未満の範囲をマイクロバブル (MB)、1  $\mu\text{m}$  未満をウルトラファインバブル (UFB) と呼ばれている。このFBは通常の気泡とは異なる性質を有している。MBは水中へ効率よく気体を溶かすことによる溶存空気濃度の上昇、UFBはその微細さから水中で長期的な安定性を持っている。この特性により、洗浄分野、排水処理、漁業など多岐にわたり注目されている。本研究ではファインバブルの特性を活かした植物栽培の可能性の模索を行った。

### 3. 面発光 LED 照明による植物生産コスト低減と

#### 生産性向上の可能性の検討

前川 拓 (茶谷産業株式会社)

植物工場はその建設にかかるイニシャルコスト、光源・空調などのランニングコストが高く、収益性が課題となっている。植物工場で栽培される作物の単位面積当たりの収量を上げること、消費される電気代の多くを占める光源の電気代を下げることは、今後植物工場市場を更に成長させるための大きな課題である。

当社が長年培ってきた車載ディスプレイ用の面発光技術を用いて、植物栽培用の面発光 LED 照明を開発できれば、植物と光源の距離を縮めることで、棚数を増やすことができ、即ち単位面積当たりの収量の増加につながる事が期待できる。

従来のいわゆる線発光光源との比較試験においては、面発光光源下のレタスの生育に有意差があることが確認された。

### 4. 人工光型植物工場における栽培環境および生育評価とエネルギーシステム解析に基づく予測モデルの検討 吉田 篤正 (大阪府立大学大学院工学研究科)

本研究では人工光型植物工場における栽培ライン上の環境測定とレタスの収穫を行い、各環境因子がレタスの生育に及ぼす影響を評価した。結果として、特に栽培パネル上で光強度分布が確認でき、その光強度とレタスの生重量との間に相関が見られた。また照明設備の更新前後の生育量の違いについても評価した。

さらに、人工光型植物工場に対し、栽培室内植物の生理応答を考慮したエネルギーシステム解析モデルを構築し、照明、空調熱負荷評価ならびに生産性評価を行い、実測データとの比較によりその精度について検討した。

### 5. アオジソ栽培に於ける風による生育促進効果

坂 幸憲 (CKD 株式会社)

人工光型植物工場での栽培植物の安定生産を目指し最適な空調制御システムの研究に取り組み、これまでにレタス栽培に於ける風によるチップバーンの抑制と生育促進効果を明らかにしてきた。今回はレタス以外のアオジソ栽培に手を広げ、光と風の栽培環境条件を変え2品種の栽培試験を実施、風を与える事で成長が促進された結果について報告する。

### 6. 同化箱法の測定精度向上および

#### 環境因子の相互作用の解明

密原 秀真 (大阪府立大学大学院工学研究科)

植物工場における生産性の向上のため、同化箱法を用いてレタスの光合成モデルを構築し重量予測を行ったが、やや精度に欠ける結果となった。そのため、本研究ではモデル式を構築する上での測定結果の確立のため、現在使用している同化箱の精度向上を図った。また、現在構築している光合成モデルは環境因子の相互作用の影響を考慮に入れていないため、環境因子を複数変化させ生理応答を測定し、相互作用の影響の有無を確認した。さらに、定植されたレタスの環境履歴変化による影響について調べた。

### 7. 植物工場用アオジソの育成に向けた取組

山口 夕 (大阪公立大学大学院農学研究科)

人工光型植物工場での栽培に適したアオジソを育成するために、これまでに特性評価を行った市販3品種と農業生物資源ジェンバンク由来の13系統を用いた交配育種を計画している。順次交配を進めているところであるが、確実に交配されたことを確認するため

に、e-RAPD マーカーの開発を行っている。現在のところ、6つのプライマーを用いて全交配の6割を確認できる。また、育種目標の一つとして、安定した高ペリルアルデヒド含量を設定している。ペリルアルデヒドはシソ特有の香り成分である。本研究により、ペリルアルデヒド含量の貯蔵器官である分泌トライコームの密度が、アオシソ葉におけるペリルアルデヒド含量を規定していることが明らかになってきた。

## 8. 植物工場で発生する害虫とその管理

平井 規央 (大阪公立大学大学院農学研究科)

植物工場で侵入・発生する害虫類は、加害様式によって不快害虫と農業害虫に大別される。一時的な侵入のみではなく、内部で繁殖する種もあり、防除が必要となる場合もある。本講演では、植物工場内部での繁殖が確認された不快害虫と農業害虫について、その発生様式と予防のための管理、防除法などについて紹介する。

## 9. ナノ粒子の溶解性制御による植物細胞の増殖促進

倉橋 健介 (大阪府立大学工業高等専門学校)

酸化亜鉛ナノ粒子 (ZnO NPs) は化粧品などで大量に利用されており、使用後、環境中へ放出されている。既往研究では、ZnO NPs を藻類に投与した場合、細胞周辺での ZnO NPs の凝集によって、細胞内へのミネラル供給が促進し、ある特定の濃度では細胞数が増加することを見出した。このナノ粒子の高い凝集性を利用すれば、水耕栽培において攪拌などの機械的操作なくミネラルを供給し、エネルギー削減につながると期待されるが、それには凝集などナノ粒子と細胞の相互作用を理解し、ミネラル吸収速度と成長速度を一致させる必要がある。そこで本研究では、シリカコーティングを用いて溶解速度を制御した ZnO NPs を調製し、藻類へ投与する際の溶解速度の最適化を試みた。

## 10. メタン発酵改質消化液における余剰汚泥の

養液栽培利用

野間 洋志 (大阪府立大学大学院生命環境科学研究科)

メタン発酵は、有機性廃棄物からメタンとしてエネルギーを、また、残渣液を液肥として回収する資源循環技術である。残渣液は、さらに硝化処理して固液分離することで養液栽培のための培養液に改質できる。ただし、これらの処理過程で、植物栄養塩である鉄やリンの一部は固形分である余剰汚泥に取り込まれ、培養液には十分に移行しない。本研究では、これら未利用の植物栄養塩を養液栽培で有効に利用する手法の確立を目的とした。

## 11. アクアポニックスへのメタン発酵改質消化液の利用

川本 尚茂 (大阪府立大学大学院生命環境科学研究科)

メタン発酵消化液を改質して養液栽培の培養液として利用する際には、改質過程で発生する余剰汚泥の処理が問題となる。本研究では、余剰汚泥の主成分であ

る好気性微生物がタンパク質に富み高い栄養価を持つ点に注目した。魚の養殖と植物の水耕栽培を組み合わせたアクアポニックスにおいて、養殖餌料として余剰汚泥が、また、培養液として改質消化液がそれぞれ利用可能であれば、メタン発酵とアクアポニックスの双方で資源循環性が向上する可能性がある。本研究では、ドジョウならびにレタスを対象として、メタン発酵硝化改質消化液を固液分離してそれぞれを利用するアクアポニックスシステムの構築について検討した。

## 12. ドジョウを用いたアクアポニックスにおける

葉菜類生育促進技術の検討

和田 光生 (大阪公立大学大学院農学研究科)

アクアポニックスでは植物の生育が促進される事例が報告されているが、安定した効果が得にくいことが課題となっている。魚類から水中に排泄された  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{NH}_3$ ) は硝化細菌の働きにより  $\text{NO}_2^-$  を経て  $\text{NO}_3^-$  へと硝化される。レタスは培養液中の窒素源が  $\text{NH}_4^+$  のみでも十分に生育するが、ハウレンソウは  $\text{NH}_4^+$  濃度が高くなると生育が抑制されるため、水中での高い硝化能が要求される。ドジョウを用いたアクアポニックスで PPFD を  $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  としたとき、レタスでは、pH を 5 で硝化を抑制した場合、物理フィルターにより有機固形物除去した条件で、またハウレンソウでは、pH を 7 とした場合、物理フィルターと硝化細菌を含むバイオフィルタを組み合わせた条件で生育が促進された。

## 13. 植物工場におけるワサビ栽培システムの検討報告

河合 真帆 (エスペックミック株式会社)

ワサビは自然環境に敏感な植物であるため、栽培適地がごく限られ、病虫害や自然災害による影響も加わり生産量が減少傾向にある。そのため本研究では環境を制御できる閉鎖型植物工場でのワサビ栽培を検討した。LED 光源を用いた DFT 方式による養液栽培を行い、1年から4年間栽培した。その結果、ワサビを継続的に栽培することで、葉、花茎を逐次収穫し、最終的に茎の収穫を行うことが可能であることを実証した。

## PFC セミナー I 「はじめのいっぽ栽培研修」2022 年度第 1 回開催報告

今年度第 1 回目の PFC セミナー I が 5 月 31 日から 7 月 5 日まで全 7 回の日程で開催された。昨年度の第 2 回目(本年 1 月)開催時は新型コロナウイルス感染症の第 6 波と重なり、途中で 2 班に分けて行うといった対応が必要であったが、今回は感染が落ち着いた中で開催することができた。



播種作業



移植作業

既にご存知のことと思われるが、PFC セミナー I は、3 編ある PFC セミナーの中でも基礎編という位置づけで、人工光型植物工場での植物栽培において必要となる基礎的な知識の習得を目的としたセミナーである。セミナーは、講義と実習からなり、講義では主に人工光型植物工場で制御される環境要因と植物の生理機能の関係を中心に取り上げ、実習では、C20 棟ユニバーサル室に設置されている LED 付きの栽培棚でリーフレタスを養液栽培し、播種、培養液の作成、定植、収穫といった一連の作業を実体験するのが基本的なカリキュラムである。昨年度より、実習では環境制御の重要性を認識してもらうため、定植後の光強度を複数の水準にして栽培を行っていたが、今回は 3 水準で行った。葉の厚

さや、収穫物の新鮮重が異なることを確かめ、光環境の違いが植物の成育に及ぼす影響について実感してもらった。また、それぞれの光処理区で栽培したレタスを持ち帰ってもらい、食味を確認してもらった。光以外の環境要因についても、異なる温度や培養液濃度、栄養組成の条件下で講師が栽培した植物を観察してもらい、生育の違いを視覚的に認識してもらった。講義では、スマート農業が一般的になりつつあることを意識し、植物の生育を数値で捉えることの重要性について触れる時間を昨年度より多く取った。今回の受講生は 5 名で、コンソーシアム会員のみならず、個人による応募もあった。植物を栽培した経験がない受講生がほとんどであったが、大きな失敗もなく、無事収穫を迎えることができた。全員が全 7 回の日程に出席し、最終日に北宅センター長から 1 人ずつ修了証書を授与された。

既に告知されている通り、PFC セミナー I は、年明け 1 月 17 日から 2 月 21 日まで全 7 回の日程で第 2 回目の開催が予定されている。内容は本報告にあるものを踏襲するが、毎回そうであるように、質問は随時受け付け、疑問点を少しでも多く解消するよう努める。講師と受講生がじっくりと話す機会が持てるという点は、少人数で行われる本セミナーの最大の利点である。受講生のバックグラウンド、興味、関心、受講目的に合わせ適宜アレンジを加え、満足度の高いセミナーにしたいと考えている。興味のある方は是非ご参加されたい。(文責 江口)



収穫物の調査

## 「温室ロボティクス分野の日蘭共同研究を模索するミッション」来所報告

2022年7月14日、オランダ企業庁と駐日オランダ王国大使館が共同で計画、立案、実施する「温室ロボティクス分野の日蘭共同研究を模索するミッション」のメンバーが本学植物工場研究センター(以下、PFC)に来所した。このミッションは、日本が先行しているロボット技術と、オランダが先行しているハイテク技術を融合することによって施設園芸の自動化および機械化を促進させる新たな技術を創出する可能性を模索することを目的として立ち上げられたもので、ミッションにはオランダ企業庁、オランダ農業・自然・食品品質省、温室技術産業をリードする研究機関や企業が参加している。ミッションメンバーは、日本の企業や研究機関との将来的な共同研究の可能性や日本側の興味関心を調査することを目的に7月10日から16日まで日本に滞在しており、PFCへの訪問もその一環であった。

PFCでは、北宅センター長の進行により、施設の紹介と見学、ミッションメンバーとPFCコンソーシアム会員間の意見交換が行われた。また、ミッションメンバーより、オランダの最先端のロボット技術が紹介された。C22棟で行われた施設見学では、ミッションメンバーは規模の大きさや使用されている技術に興味を示し、多数の質問が飛び交った。PFCコンソーシ

ム会員との意見交換では、会員各社が持つ技術の紹介とそれに対する質疑応答を中心に活発な議論が行われた。

今回のミッションメンバーの来所は、施設園芸先進国であるオランダの最先端技術についての情報を得る有意義な機会であったとともに、それを支える人々と直接交流できる大変貴重な機会であった。



見学時の様子



ミッションメンバーとコンソーシアム会員

## 施設園芸・植物工場展 2022 (GPEC) 出展報告

施設園芸・植物工場展 2022 (GPEC) が東京ビッグサイトで7月20日～22日に開催され、当センター(PFC)も1ブース出展しました。

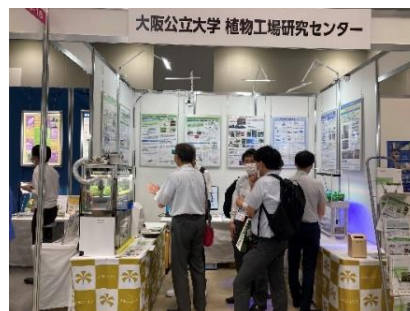
本展示会には、企業や研究機関などから約150件の出展があり、3日間で累計約29,000名が来場しました。

PFCの出展内容として、PFCの概要説明、コンソーシアム紹介、物質循環プロジェクトよりドジョウを用いたアポニックスの紹介、最適化空調プロジェクトより風によるレタスのチップバーン抑制効果の紹介、植物用の面発光LED照明やファインバブルの農業活用の実物展示を行いました。

開催期間中、PFCのブースには約130名が訪問し、今後の共同研究の可能性や技術交流への要望につい

てなど活発な交流がなされました。多様な企業や研究機関との交流の場となり、有意義な出展となりました。

今後、アグリビジネス創出フェア(東京ビッグサイト、10月26日～28日)での展示も予定しており、PFCならびにコンソーシアムの活動を積極的に発信していきます。



出展ブースの様子

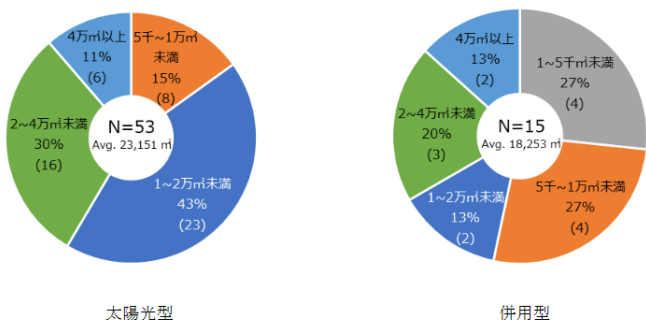
## 「大規模施設園芸・植物工場 実態調査・事例調査」報告（令和4年3月発行）その3

一般社団法人日本施設園芸協会から、標記の報告が発信されました。ここではその内容を、日本施設園芸協会の許可を頂いて、数回に渡って連載します。

ただし、同数値は平均床面積のため、主に多段栽培を行う人工光型の栽培トレイの平均面積が減少しているとは限らない。

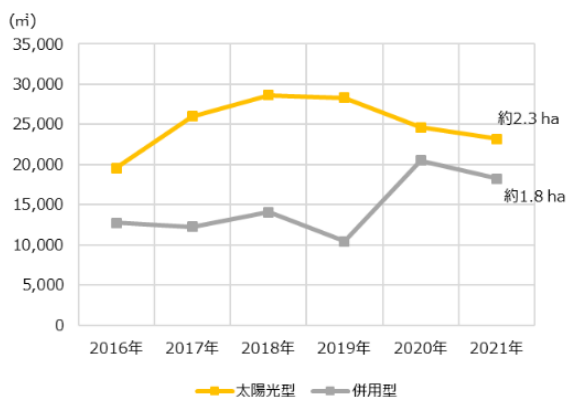
### ⑤ 栽培用施設面積・栽培実面積

まず、太陽光型および併用型の栽培用施設面積の割合をみると、太陽光型では1~2万㎡が43%を占め最も多い4。また、栽培用施設面積の平均は、太陽光型が約2.3ha、併用型は約1.8haであった。



図表 20 栽培用施設面積 (太陽光型・併用型)

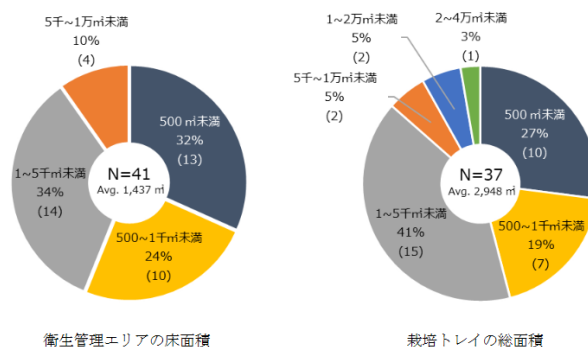
回答者の入れ替えがあるため、データの継続性はないものの、栽培用施設面積の平均値の推移をみると、2018年頃まで拡大傾向にあった太陽光型からの回答は縮小傾向にある。



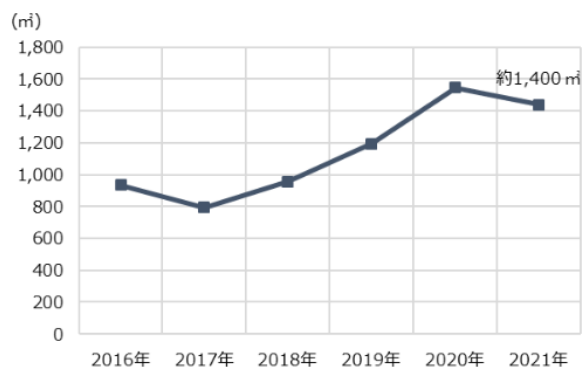
図表 21 平均栽培用施設面積の推移 (太陽光型・併用型)

一方、人工光型の衛生管理エリアの床面積の割合については、1,000㎡以上の施設の割合が44%を占める。そのうち、5,000~1万㎡未満の割合が10%となっている。また、床面積の平均は約1,400㎡であった。なお同面積は、事業所全体を対象としておらず、生産のための衛生管理エリアの床面積である。さらに、栽培トレイの総面積では、1,000~5,000㎡未満が41%と最も多く、5,000㎡以上の施設が13%あった。栽培トレイの平均面積は約2,950㎡であった。

さらに、データの継続性はないものの、人工光型における衛生管理エリアの床面積の平均値の推移をみると、2020年まで拡大傾向にあったが2021年は微減してい



図表 22 衛生管理エリアの床面積および栽培トレイの総面積 (人工光型)  
\*事業所全体ではなく、生産のための衛生管理エリアの床面積、栽培トレイの総面積



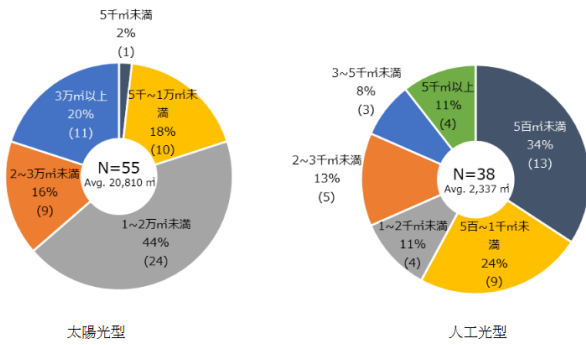
図表 23 衛生管理エリアの平均床面積の推移 (人工光型)

事業者によっては、複数の品目を栽培しているが、そのうち最も栽培実面積（実際に栽培している区画の合計面積）が大きい主要品目について、集計したものが下図である。なお、栽培実面積はその作物を栽培する場所の合計面積で、人工光型の場合は主要品目における栽培トレイ面積を意味する。

栽培形態ごとの主要品目の栽培実面積の平均をとると、太陽光型が約2.1ha、人工光型は約2,300㎡であった。

なお、太陽光型の栽培実面積は施設全体の面積より小さくなるが、人工光型の場合は多段式で栽培していることが多いため、栽培実面積（栽培トレイ面積）の平均は、衛生エリアの床面積の平均より大きい。

4 太陽光型は調査対象をおおむね10,000㎡以上として調査しているため、5,000㎡未満の施設は本調査・分析の対象に含まれていない。

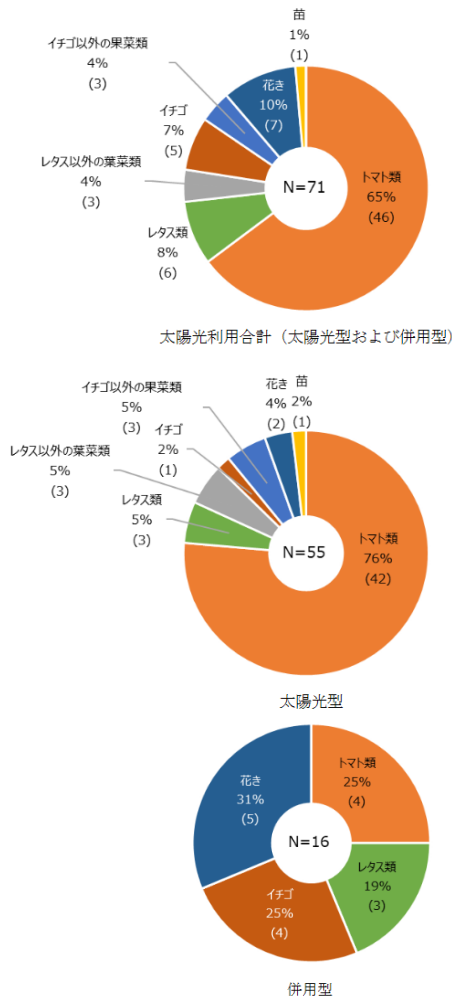


図表 24 主要品目における栽培実面積

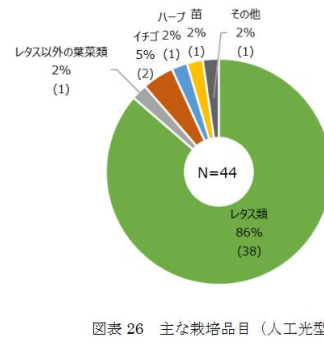
⑥ 栽培品目

各事業者での主要栽培品目を集計すると、太陽光利用合計（太陽光型および併用型）でトマト類が 65% であった。太陽光型については、トマト類の割合が 76% と最大で、次いでレタス、レタス以外の葉菜類、イチゴ以外の果菜類がそれぞれ 5% であった。一方で、併用型ではトマト以外の品目の割合も大きい。

人工光型については、周年を通して安定した需要があり、果菜類に比べて光の要求量が少なく、比較的栽培のしやすいレタス類が 86% で最多となっている。



図表 25 主な栽培品目 (太陽光型・併用型)



図表 26 主な栽培品目 (人工光型)

※なお本調査における品目分類の内訳は以下の通りとしている。

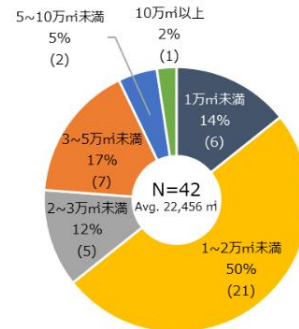
カテゴリ	品目
トマト類	大玉トマト、ミディトマト、ミニトマト等
レタス類	リーフレタス (フリルレタス、グリーンリーフ、サニーレタス)、ベビーリーフ等
レタス以外の葉菜類	ホウレンソウ、ケール、ミツバ等
イチゴ	イチゴ
イチゴ以外の果菜類	パプリカ、ピーマン
ハーブ	ミント
花き	バラ、胡蝶蘭、ペゴニア
苗	野菜苗
その他	ぶなしめじ

2) 生産・労働・販売の概況

① 品目ごとの生産量

栽培形態別に見た、主要品目別の生産量の分析を目的とし、太陽光型において大半を占めるトマト類及び人工光型において大半を占めるレタス類に関して、それぞれ栽培実面積及び年間生産量を整理した。

まず、太陽光型のトマト類の栽培に関しては、1~2万㎡の栽培実面積の事業者が 50% (21 件) と最も多い。栽培実面積 2 万㎡以上の事業者について、件数は増えてはいるが、割合においては昨年度の 44% (11 件) から今年度 36% (15 件) と減少している。



図表 27 主要品目の栽培実面積 (太陽光型・トマト類)

また、トマト栽培のうち大玉トマトについて、栽培実面積 1 ㎡当たりの生産量 (以下、「単収」という。) をみると、下図のような分布となり、約 5 割が 20~40 kg/㎡で、平均は 27.9kg/㎡であった。単収 20 kg/㎡未満と答えた事業者のうち、最も小さかったのは 2.0kg/㎡、また単収 40kg/㎡以上と回答した事業者のうち最も大きかったのは 68.4kg/㎡であった。

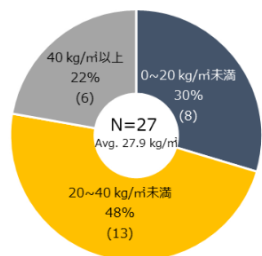
さらに、人工光型のレタス栽培 (レタス類のうちベビーリーフを除く) は、直近 2 年の調査と比較して、栽培実面積 1,000 ㎡以上の事業者の割合が近年、増加傾向にあったが、今年度は割合においては減少している (平成 29 年度は 33% (9 件)、平成 30 年度は 40% (12 件)、

平成31年度は42%（14件）、令和2年度は57%（16件）令和3年度は43%（13件）。

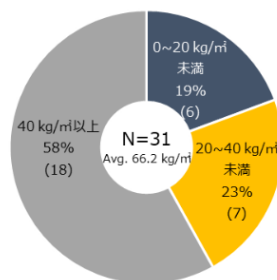
ただし、平均栽培実面積は増加している。この栽培実面積とは、前述の栽培トレイの面積を指す。

なお、留意が必要なのは、太陽光型で栽培されるトマトと異なり、人工光型では重量の異なる複数品目の葉菜類を栽培する傾向があり、単純に単収の多寡を比較できるものではないという点である。

単収をみると、下図のような分布となり、半数以上が単収 40 kg/m<sup>2</sup>以上となっている。なお平均単収は 66.2 kg/m<sup>2</sup>であった。20 kg/m<sup>2</sup>未満と答えている6件の事業者の栽培開始年にはばらつきがあった。また、課題として収量および品質の安定・向上などを挙げていた。40kg/m<sup>2</sup>以上と答えた事業者の中には、60kg/m<sup>2</sup>以上の事業者も12件あった。

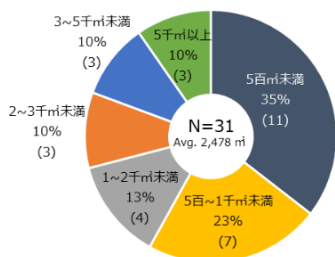


図表 28 単収（太陽光型・大玉トマト）



図表 30 単収（人工光型・レタス類（ベビーリーフを除く））

～次号へつづく～



図表 29 主要品目の栽培実面積（人工光型・レタス類（ベビーリーフを除く））

## PFC セミナーⅢ「SDGs と植物工場」開催のご案内

植物工場の将来を予測するうえで、SDGs と植物工場の関係性を再確認することは重要です。そこで今回は、植物工場や施設園芸を含め、広く食料生産、環境保全、食育などの観点から、農業のSDGs への貢献をテーマとして、3名の講師の方々から話題を提供いただきます。

■ 日時 2022年8月24日（水） 13：30－17：00

■ 講演

開会挨拶（13：30－13：35） 北宅 善昭 植物工場研究センター長

【講演1】 「農業のライフサイクルアセスメント」（13：35－14：35）

農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門 気候変動緩和策研究領域 主席研究員 林 清忠 氏

【講演2】 「物質循環型農業における人尿の再評価」（14：45－15：45）

明治大学知財戦略機構 客員研究員 小沢 聖 氏

【講演3】 「SDGs に貢献する密閉型栽培装置による植物生産産業の創出」（15：55－16：55）

株式会社プランテックス 代表取締役社長 山田 耕資 氏

【討論】 ※上記講演のすべて、または、いずれかの講演を受講された方のみご参加いただけます。

コーディネーター 植物工場研究センター長 北宅 善昭

■ 参加費 1講演につき 3,000円 ■ 開催方法 オンライン（ZOOM）

詳しくは、当センターHPをご覧ください。 <https://www.omu.ac.jp/orp/plant-factory/>