

日本農業気象学会関東支部

2012 年度例会

講演要旨集

第 9 号

2012 年 12 月 14 日（金）

千葉大学環境健康フィールド科学センター（柏の葉キャンパス）
シーズホール（千葉県柏市）

主催：日本農業気象学会関東支部

共催：日本農業気象学会東海支部

日本農業気象学会園芸工学研究部会

目 次

例会案内		1
シンポジウム講演要旨		
なぜ植物工場なのか？－都市農業から見た必要性和研究開発課題－		
	古在豊樹	3
（独）農研機構の植物工場研究拠点の紹介と取り組み		
	鈴木克己	9
植物工場における環境制御技術と高品質作物生産		
	後藤英司	13
コンテナ型植物工場におけるワサビの栽培および採算性評価		
	田中逸夫	15
一般研究発表講演要旨		
植物葉の空気イオン発生メカニズムについて		
	青木正敏・久保田卓史	19
異なる波長の光照射に対するコケ植物の光合成反応		
	北條雅康・谷晃	20
茶生産への熱画像情報の活用		
	松尾喜義・岡本毅	21
気象・気候から見た沖縄と小笠原の自然・歴史・文化・農業		
	真木太一	22

日本農業気象学会関東支部 2012 年度例会

開催日：2012 年 12 月 14 日（金）

会 場：千葉大学環境健康フィールド科学センター（柏の葉キャンパス）シーズホール
〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6-2-1
TEL 04-7137-8000、URL <http://www.fc.chiba-u.jp/>

スケジュール：

- 10:30～11:45 施設見学会（植物工場見学、先着 40 名まで）
- 12:00～12:50 関東支部 評議員会
- 13:00～13:20 関東支部 総会
- 13:30～16:15 シンポジウム：植物工場の現状と未来
 - 13:30～14:30 古在 豊樹 氏（千葉大学名誉教授、NPO 植物工場研究会理事長）
「なぜ植物工場なのか？ー都市農業から見た必要性和研究開発課題ー」
 - 14:30～15:00 鈴木 克己 氏（野菜茶業研究所 野菜研究調整監）
「（独）農研機構の植物工場研究拠点の紹介と取り組み」
 - 15:15～15:45 後藤 英司 氏（千葉大学教授、園芸工学研究部会副部会長）
「植物工場における環境制御技術と高品質作物生産」
 - 15:45～16:15 田中 逸夫 氏（岐阜大学教授、東海支部長）
「コンテナ型植物工場におけるワサビの栽培および採算性評価」
- 16:30～17:30 一般講演発表会
- 18:00～ 懇親会（つくばエクスプレス「柏の葉キャンパス」駅近隣）

園芸工学研究部会集会について

例会期間中に園芸工学研究部会の集会を開催します。開催時間と場所は以下の通りです。よろしくお願いたします。

時間：11:45～12:15

場所：千葉大学環境健康フィールド科学センター内 植物工場研修棟 A 棟 1F

発表時の使用機器について

会場にはプロジェクターと Power Point がインストールされた Windows PC を用意します。Windows PC をご利用の方は、講演用のファイルを USB メモリー等にてご準備下さい。Macintosh PC でのご発表を希望される方は自身の PC をご持参下さい。

施設見学会について

シンポジウムの開催に先立ち、植物工場の施設見学会を開催いたします（先着 40 名まで）。見学する植物工場の詳細については下記のウェブサイトをご参照下さい。また見学する際に資料代として 500 円を頂きます。ご了承下さい。

農林水産省 植物工場 実証・展示・研究事業 千葉大学拠点

<http://www.plant-factory.jp/yoyaku.html>

参加費用：

シンポジウム

会員、非会員に関わらず無料

一般講演発表会

会員 (一般) 無料 (学生) 無料

非会員 (一般) 500 円 (学生) 無料

※会場にて入会手続きをしていただくと無料となります。

施設見学会（植物工場）

500 円（資料代）

※懇親会費は 4,000 円程度を予定しております。

会場への交通：

つくばエクスプレス「柏の葉キャンパス」駅から西へ徒歩約 5 分。詳しくは、下記のウェブサイトをご覧ください。

<http://www.fc.chiba-u.jp/access/access.htm>

なぜ植物工場なのか？

－都市農業から見た必要性和研究開発課題－

古在豊樹（NPO植物工場研究会）

1. はじめに

本稿では、まず、世界人口と都市人口の増大、農業人口の減少と高齢化および異常気象の頻発を背景にした、食料、環境、資源・エネルギーに関する世界の3すくみ問題の解決に貢献する都市農業の中核技術体系としての植物工場の役割について述べる。次いで、人工光型および太陽光型の植物工場に関する今後の研究開発課題の例を、持続可能な植物生産システムとしての植物工場の在り方、概念、方法論に関連させて述べる。なお、本稿は、参考文献1)と2)の本文を要約し、図表を削除したものである。

2. なぜ植物工場なのか？

2.1 世界の3すくみ問題と植物工場

現代の社会は、食料（家畜用飼料を含む）、環境、エネルギー・資源の不均衡（不足、偏在、変動および過剰使用）に関する3すくみ問題に直面している。世界人口の増加、特に都市人口の増加および農村人口の減少、さらには異常気象の頻発が3すくみ問題の深刻さを増大させている。今後、都市および農村における住民の生活の質、人生の質を向上させるには、上記の不均衡の是正が必要とされる。

3すくみ問題とは、1つの問題を解決すると他の2つの問題の状況が悪化する問題を言う。3すくみ問題の解決には、3つの問題を一石三鳥的に同時並行的に解決する方法論と技術が必要である。植物工場は、この3すくみ問題を解決するためのキーテクノロジーの1つを提供すると期待されている。その背景と理由を以下で述べる。

2.2 都市への流入物と流出物

大量の水、燃料・電気、食料および各種商品が、輸送・包装資材と共に、都市に運び込まれている。他方、都市からは、大量の排熱、CO₂、汚水、生ごみ、その他の廃棄物が排出されている。そして、この搬入と排出のために、大量の車両および人が都市に出入りし、そのこと自体が、さらに資源・エネルギーを消費し、汚染物を排出している。このことが都市住民の生活の質を低下させている。

2.3 都市における植物生産と3すくみ問題の解決

安全で品質の高い食料を都市住民に提供するのにも、多量の資源・エネルギーが消費されている。その食料の輸送と食料由来の生ごみの処理に際しての環境汚染物質の排出を削減して環境を保全するのにも、多量の資源・エネルギーが消費される。すなわち、都市への食料の輸送と都市での食料の消費に関しても、食料、資源・エネルギー、環境に関する3すくみ問題が具現化している。

この3すくみ問題は、省資源や環境保全を個別技術として開発し普及していたのでは、解決

しない。市民への食料の生産と提供自体が、省資源、環境保全に貢献する社会構造を新たに構築する必要がある。都市内で消費される生鮮植物系食料を植物工場で生産することは上述の3すくみ問題の解決に貢献する。生鮮植物系食料に加えて、都市の環境保全・景観保全に不可欠な緑化用の苗を都市内で生産することも3すくみ問題の解決に貢献する。すなわち、都市での生鮮食料生産・植物苗生産は都市における3すくみ問題の同時並行的解決に貢献する。食料に関わる都市への流入物と流出物の量を大幅に削減するからである（流入物、流出物に、「情報」は含まれていない）。さらには、3すくみ問題の同時並行的解決は、必然的に、都市の食料、資源、エネルギー、環境に関する自立性を向上させる。

2.4 食料の種類と特徴

都市において経営収支がプラスになりように生産し得る食料の種類は限定される。食料は2つに大別され、1つは、乾燥された穀類・豆類・イモ類、乾燥加工食品、缶詰などのうち、カロリー摂取を主目的とする食料である。これらは、冷蔵・冷凍貯蔵を必要とせず、また輸送中の損失が少ない。他の1つは、輸送・貯蔵中の損失が多い生鮮物である。冷凍・冷蔵すれば損失割合は低下するが、そのためには石油資源を消費する。これら生鮮物は、機能性成分（ビタミン、ミネラル、繊維、薬効成分など）の摂取を主目的とする食品または嗜好品である。

生鮮野菜や生鮮魚介類の約90%は水分であるから、生鮮食料の輸送は水の輸送と同様な重量物輸送である。また、生鮮食料は常温での輸送中の損失割合が大きい。損失割合を小さくするために冷凍・冷蔵輸送すると、多大の資源・エネルギーを消費する。このような食料の生産は地産地消が理に叶っている。

2.5 栽培空間の閉鎖度から見た植物生産システムの種類と特徴

植物生産の方式は、露地生産、半閉鎖型（半開放型）施設生産、閉鎖型施設生産の3つに大別できる。露地生産と半閉鎖型施設生産は太陽光利用が基本であり、閉鎖型生産は人工光利用のみである。いずれの植物生産システムにおいても、3すくみ問題の解決に貢献するには、持続可能な生産システムでなければならない。

世界の植物性食料生産を賄うための上述の3種の生産方式の面積比率は、21世紀半ばには、おおよそ、1000、5、1程度になると概算される。原則として、カロリー系植物は露地栽培される。機能性植物は半閉鎖型または閉鎖型で栽培される。大まかには、露地生産の1%以下、半閉鎖型生産の30%程度、閉鎖型施設生産の80%程度が都市内でなされると予想される。ただし、大規模な気象災害などで都市へのカロリー系植物の供給が数か月間以上不足すると予想される場合は、都市内でのカロリー系植物の栽培が開始され、都市での食料自給率が高められる。食料生産の基盤が都市内に構築されていれば、カロリー系植物の生産への移行は比較的容易である。

露地型、半閉鎖型、閉鎖型の土地面積当たりの年間収穫量（生体重ベース）は、葉もの野菜の年間収穫量と比較すれば、おおよそ、1、5～10、100程度であろう。もちろん、上述の比率は、社会経済的条件と気象災害の有無などで大幅に変動する。また、簡易な閉鎖型施設と太陽光型植物工場の年間収量には数倍の差がある。なお、上述の予想値は、特定の研究成果にもとづく

ものではなく、筆者の経験にもとづく直観による。

2.6 地域コミュニティ形成への貢献

植物工場は、21世紀における都市および農村の資源循環システムを省資源・環境保全的に再構築するのに役立つことは既に述べた。それだけではなく、植物工場は、新たな農業都市および都市農業における地域コミュニティにおける住民同士の絆の形成を担う重要な要素となる。言い換えれば、植物工場がその真価を発揮するには、都市と農村における持続的共生社会の枠組みに、植物工場が合理的かつ自然に組み込まれる必要がある。農村および都市の住民の生活および地域コミュニティに、植物工場が融合的に組み込まれ、豊かな福祉社会の形成に貢献するには、植物工場の特徴が市民社会に理解され、受け入れられる必要がある。その意味で、社会に向けての植物工場に関する広報は重要である。植物工場の本質が理解されれば、植物工場は、学校、病院、コミュニティ・センター、ホテル、レストラン、スーパーマーケットなどあらゆる場所で有効に利用し得る。

地域コミュニティに植物工場が受け入れられ、都市の自立性が向上し、3すくみ問題の解決に植物工場が役立つには、市民が主体となつての多方面・多分野とのパートナーシップによる協働が不可欠である。

3. 人工光植物工場の研究開発課題

植物工場技術は、分野横断的な総合技術であり、未だに相当な改善余地がある。今後の改善により、初期投資コストおよび運転コストは現在の半分程度となり、生産物の付加価値は2倍前後になり得る。今後必要とされる研究課題の数例を以下に述べる。

3.1 照明

照明用電力の節減に効果的なのは植物体の受光率を高くすることである。光源からの光エネルギーのうちの植物体が受ける光エネルギーの百分率を受光率と呼び、現状の平均値は50～60%程度である。現状では、受光率は生育初期に低く、生育後期に高い。

植物の葉に照射されない光エネルギーは無駄であり、冷房負荷を増大させるだけである。植物体は葉の面積と3次元的位置を時間変化させつつ成長するので、その変化に適応する照明システムが必要となる。次に必要なのは、各植物体のすべての葉に可能な限り均一に光エネルギーを照射することである。棚の栽培パネル面上の光強度を均一にするのではない。光源により近い上層の葉が光エネルギーの大部分を受ける現行の照明システムは改良の余地がある。光の下方照射だけでなく、側方照射、上方照射（ライトアップ）もあり得る。

LEDの発光効率にだけ関係者の関心が集中するのは好ましくない。LEDチップのコスト・パフォーマンスの急激な向上の割には、LED照明システムのコスト・パフォーマンスの向上は緩やかであるので、その改善が必要とされる。さらに、光エネルギー量とその空間分布だけでなく、光質、明暗サイクルの改善も重要である。

光合成による炭水化物の生産には、大量の光量子を必要とするが、植物体の色素形成、形態形成、組織分化においては、光は刺激（信号、トリガー）として利用されるだけであるので、微量の光量子で十分である。ただし、その効果は光量子の振動数に強く依存する。光合成と形

態形成などの違いを明確に意識した照明システムの開発が望まれる。

3.2 空調

多段棚の存在そのものおよび多段棚で日々成長する植物の存在は室内空気の流れと空気分布に大きく影響する。さらに、多段棚にある植物の葉からは湿面と同程度の速度で水蒸気が蒸散する。加えて、植物は、明期には光合成によりCO₂を吸収し、暗期には呼吸によりCO₂を放出する。以上の現象に伴い、栽培棚の植物体付近の気温、水蒸気飽差、CO₂濃度の分布が変化する。

蒸散速度は、葉の気孔開度が一定であれば、およそ、飽差と気流速度に比例する。蒸散速度が大になると葉の温度は気温より1~2℃低くなる。他方、正味放射フラックスが大だと葉面温度が上昇し、蒸散速度が低い場合は、葉面温度は気温より1℃程度高くなる。これら環境条件は植物の生理反応と相互に影響しあう。上述の現象を十分に考慮した空気調和法が開発されれば、植物の成長促進を省資源的に実現できる。現状では、室内空気分布の均一化のために室内に多数の空気攪拌扇を設置していることが多いが、それらの効果的な運転法に関する体系的な研究開発は行われていない。

3.3 栽培密度の調整

栽培棚の栽培ベッドは養液槽とそのフタを兼ねた栽培パネル（発砲プラスチック板に直径20mm程度の植穴（うえあな）が格子状またはチドリ格子状に開けられたもの）からなる。養液槽の深さは、通常、数mmから数十mmである。他方、栽培棚に植えられる植物の草丈は、通常、苗では5 cm前後で、収穫時には15~25 cm前後である。栽培密度は、播種時で1000種子/m²、苗で400本/m²前後、収穫時では40本/m²前後である。苗の定植から収穫までの栽培中に1回または2回の植え替えを行う。光源と栽培棚の間の距離は30 cm前後なので、植物の上部から光源までの距離は苗では25 cm前後、収穫時では5 cm前後になる。光源から発せられた光量子の大部分を可能な限り植物の葉に均等に吸収させ、さらには一定空間容積に最大限の植物体数を収容するには、照明システムの改善だけでなく、植物体の自動スペーシングまたは手動スペーシングによる、生育段階毎の最適栽植密度の維持および光源と植物体上部間の距離の最適化調整が必要となる。

3.4 速度変数の推定と見える化

植物工場では、環境要因（気温、飽差、CO₂濃度、養液のpH（酸性度）とEC（電気伝導度）など）の連続測定がなされていて、系列グラフにより見える化されている。これらの要因は状態変数と呼ばれ、その単位に時間が含まれていない。植物工場の運営においては、これら状態変数に加えて、速度変数の見える化が重要である。速度変数で重要なのは、植物に関しては、正味光合成速度（総光合成速度と呼吸速度の差）、暗呼吸速度、吸水速度、蒸散速度、肥料吸収速度などである。植物工場への資源投入に関しては、照明用消費電力、空調用消費電力、CO₂施用速度、給水速度、肥料投入速度などである。植物に関する速度変数の値は、植物工場の物質収支とエネルギー収支から算定される。今後の植物工場では、これら速度変数の算定と見える化に関する技術開発が必要とされる。さらには、状態変数と速度変数の時間積分値は植物の

成長量と強い関係があるので、それらに関する技術開発も重要である。

3.5 資源利用効率

閉鎖型（人工光型）での栽培では、植物が光合成で成長するのに必須な資源に関する利用効率が、半閉鎖型（温室など）や露地での栽培に比較して数倍から数十倍になる。閉鎖型での高い利用効率は、光合成に適切な環境に調節できること、および投入資源が外部に漏出することがないことによる。ここで、資源利用効率は、投入した資源量に対する植物に固定または保持された量の比として定義される。また、上述の必須資源とは、光エネルギー、水、CO₂および無機肥料を意味する。

資源利用効率は、光エネルギー利用効率、水利用効率、CO₂利用効率および無機肥料利用効率などに分解される。各資源の利用効率の理論的な可能最大値は、それぞれ、約0.1、1.0、1.0および1.0である。閉鎖型システムは、資源利用効率の値がこの理論的な可能最大値に近い、あるいは近づけることを目指すシステムである。水利用効率、CO₂利用効率および無機肥料利用効率に関しては、既に理論的に可能な最大値の90～95%を実現している。光エネルギー利用効率に関しては未だ理論的に可能な最大値の50%に達していない。光エネルギー利用効率が高いことは、無駄となる光エネルギー、ひいては電気エネルギーの消費が少ないことを意味するから、光エネルギー利用効率の向上は、節電による生産コスト低下に直接的に貢献する。閉鎖型では、資源の投入量の正確な計測が可能であり、また、植物体による資源の固定量・保持量（上述の速度変数の積分値に関連する量が多い）の見える化が比較的容易になる。したがって、各資源の利用効率も連続的に算定できる。このことは、閉鎖型による植物生産システムを合理的に運転するうえで大きな利点である。

4. 太陽光型植物工場の研究開発課題

太陽光型は人工光型に比べて、植物成長に対する環境の影響およびエネルギー・物質収支の複雑度が数百倍である。その一因は、太陽光型では、室内の温湿度、CO₂濃度、気流速度さらにはそれに環境要因に影響される正味光合成速度、蒸散速度、呼吸速度などが、絶えず時刻変動する室外日射強度に大きく左右されることにある。このことに関連して、議論の前提として必要とされる基礎知識の量が格段に多い。さらに、太陽光型では、室内の温湿度、CO₂濃度、気流速度は室外日射強度および植被の状態に大きく左右される。重要開発課題の例を以下に概説する。

暖房、冷房、CO₂施用などによる環境制御のためのコストはかなり大きいので、それらによる環境制御は、時々刻々のコストと利益（ベネフィット）の比を勘案しながら行うことになる。たとえば、正味光合成速度は、温度（室温）、気流速度、CO₂濃度、飽差、養液の成分・温度・pH・EC、補光の影響を受ける。一定の正味光合成速度の増分を得るのに各環境要因の制御コストは、一般に、気流速度<養液諸要因<CO₂濃度、であろう。室温低下コストに関しては、換気が最小で、蒸発冷房、ヒートポンプ冷房の順に増大する。飽差制御（飽差低下）に関しては細霧加湿が最小であろう。その他にも、環境要因設定値の最適組み合わせを決定する際に参考にすべき情報は多い。それらの情報を勘案しながら、短期的（時間）、中期的（1～7日間）、

長期的（1～12 ヶ月）のコスト・パフォーマンスを算定しつつ、最適環境要因の設定値を決めることになる。このことを実現するソフトウェアの開発が待たれる。その他にも、環境要因設定値の最適組み合わせを決定する際に参考にすべき情報は多い。それらの情報を勘案しながら、短期的（時間）、中期的（1～7日間）、長期的（1～12 ヶ月）のコスト・パフォーマンスを算定しつつ、最適環境要因の設定値を決めるためのソフトウェアの開発が待たれる。

6. おわりに

エベネザー・ハワード（Ebenezer Howard）が1898年に「豊かな自然環境に恵まれた都市」として提唱した田園都市（Garden City）構想は、その後の住宅地計画や都市開発にかなりの影響を与えた。この構想は、「都市と農村の結婚」により、都市の社会・経済的利点と農村の優れた生活環境を結合した第三の生活を生み出すことにより、当時の都市問題の解決を目指した。この構想は、自然と共生し自立した職住接近型の緑豊かな都市を既存の大都市と農村の間に建設しようとする構想としてその後に活かされてきた。

本稿で述べた都市農業の考え方および最近世界的に論じられている「垂直農業(vertical farming)の考え方は、「大都市の周囲」や「大都市内の空き地」にではなく、大都市の中の「建物の中の部屋、屋上、地下室」さらには「建物に隣接する日陰地」や「道路などの地下」、学校の校庭やコミュニティー・センターの一室にまでも農地や自然の生態系を構築しようとするものである。

この都市農業、垂直農業の考え方が現実味を帯びてきたのは、過去数十年間の間に技術が進展し市民社会に浸透してきた施設園芸の基礎がある。また、その発展形としての植物工場、グリーン・インテリア、インドア・プランツの普及がある。田園都市を提唱したハワードの時代には存在しなかった植物工場の技術をさらに都市農業・垂直農業として統合して、ハワードが目指した哲学の真髄を残しつつ、現代の科学技術で衣替えする時代が到来しつつある。

参考文献

- 1) 古在豊樹、2013、植物工場の課題と動向、冷凍、Vol.88（No.1023）、3月号（印刷中）。
- 2) 古在豊樹、2013、都市農業に関する動向、閉鎖環境型野菜栽培技術、NTS出版(印刷中)
- 3) 古在豊樹、2012、人工光型植物工場－世界に広がる日本の農業革命－、オーム社、228ページ
- 4) 古在豊樹編著、2009、太陽光型植物工場－先進的植物工場のサステナブル・デザイン、オーム社、186ページ
- 5) 古在豊樹、1999、閉鎖型苗生産システムの開発と利用－食料・環境・エネルギー問題の解決を目指して－、養賢堂、191ページ
- 6) 古在豊樹・板木利隆・岡部勝美・大山克己、2005、最新の苗生産実用技術 閉鎖型苗生産システムの実用化が始まった。農業電化協会、150ページ

(独) 農研機構の植物工場研究拠点の紹介と取り組み

○鈴木克己 ((独) 農研機構 野菜茶業研究所)

1. はじめに

農研機構では農林水産省のモデルハウス型植物工場実証・展示・研修事業に参画し、九州沖縄農業研究センター久留米拠点と、野菜茶業研究所つくば野菜研究拠点に植物工場拠点を建設した。震災の影響などで若干の工事の遅れがあったものの、昨年度無事完成し、栽培を開始している。ここではそれぞれの拠点の特徴と取組を紹介したい。

2. 農研機構植物工場九州実証拠点 (九州沖縄農業研究センター)

福岡県久留米市にある九州沖縄農業研究センターの久留米研究拠点の前身は野菜茶業試験場久留米支場であり、1983年(昭和58年)にイチゴ品種「とよのか」を育成、1996年(平成8年)にイチゴ品種「さちのか」を育成するなど、温暖な暖地における野菜生産の安定化に向け、施設野菜、特にイチゴに重点を置いて技術開発を行ってきた。植物工場九州実証拠点では、太陽光利用型施設においてイチゴの生産効率向上を、完全人工光型施設でレタス・スプラウト類の生産効率向上をめざしている。イチゴを栽培する太陽光利用型施設(栽培室1000㎡×2棟、育苗室1400㎡×1棟)、レタス、スプラウト類を栽培する完全人工光型施設(栽培室60㎡×2棟、育苗室)で構成されている(図1)。



図1 九州実証拠点の太陽光利用型植物工場と完全人工光型植物工場

イチゴは果菜類の中では低温性の作物であり、周年栽培のためには夏季の花芽分化技術、高温対策などが必要となる。九州拠点では、夏季高温期の施設内温度上昇抑制技術として、外部遮光装置、パッドアンドファン簡易冷房装置を導入し、効果を検証している。周年安定生産のためには品種選定も重要となる。促成栽培向け品種に加え、夏秋どり栽培向け四季成り性品種についても試験を行っている。また、夏季の花芽分化促進のためのクラウン温度制御システム、短日処理技術等を導入している。



図2 イチゴのクラウン温度制御システム

クラウン温度制御システムとは、九州沖縄農業研究センターが開発した独自技術であり、イチゴの花芽分化や休眠など、生産上重要な生理現象の場となるクラウン部を花芽の分化から発達に最適な温度に制御するシステムであり、現在企業から市販されている（図2）このシステムでは、高設ベンチなどに植えられたイチゴのクラウン部分に2連チューブを接触させ、温度制御された冷水や温水を通すことで、クラウン部分の温度を制御し、花芽分化や冬季における局所暖房などを行うことが可能である。

多収としての技術として、可動式高設栽培によるイチゴの多植生産を検討している。これは高設ベンチを移動させ畝間などを有効利用することで密植を可能とする生産方法であり、九州拠点では、吊り下げ式、シーソー式、スライド式の3つの方式の移動ベンチシステムを導入し、それぞれの装置における収量性や作業性などについて検討している（図3）。



図3 イチゴの可動式高設栽培（左：吊り下げ式、中：スライド式、右：シーソー式）

その他、環境制御技術として、パッドアンドファンを利用した湿度制御、CO₂ 施用、補光技術等を導入し、それぞれの効果について検討を行っている。以上のような技術を組合せ、収量目標 10t/10a どり生産技術の実証を行っている。

完全人工光型植物工場では、新光源として、発熱が少なく近接照明が可能な HEFL（ハイブリッド電極蛍光ランプ）、様々なタイプの蛍光灯や LED を利用し、レタスとスプラウトの生産性向上を図っている。

3. 農研機構植物工場つくば実証拠点（野菜茶業研究所つくば野菜研究拠点）

つくば農林団地内の中央農業総合研究センターの本部地区の一角に建設された軒高 5.1m、60m×40m の太陽光利用型植物工場である。約 2400m² の温室を小区画の部屋に区切って利用しているのが特徴で、約 200m² の部屋が 6 部屋と、約 400m² の部屋が 2 部屋を利用し、トマト、キュウリ、パプリカを栽培している（図4）。それぞれの栽培室は独立して環境制御ができるようになっており、各部屋の生育や収量を比較することで、



図4 植物工場つくば実証拠点のレイアウト

多収技術の効果を科学的に実証できるようになっている。ユビキタス環境制御システムを全面的に導入して統合環境制御の効果を実証することになっている。

4. 半閉鎖管理

野菜茶業研究所と九州沖縄農業研究センターでは、環境に優しくかつ多収生産を可能とする技術として半閉鎖管理システムの開発に関する研究を進めている。半閉鎖管理とは、自然光温室における換気窓の閉鎖時間を長くして作物の好適環境を長く維持する技術である。これまでの日本の温室では、冬季であっても、日中換気窓が開いて、空気の入れ換えが起こるため、CO₂施用時間が短くなり十分な効果が得られなかった。これを、ヒートポンプや細霧冷房などの暑熱対策技術を活用することで、換気窓の開放を抑え、閉鎖時間を長くすることで、CO₂施用時間を長くする。また、湿度などのコントロールも合わせて行う。作物の光合成は、高CO₂条件下で促進され、高CO₂条件下ではさらに低CO₂条件下に比べて光合成の適温が上昇することが示されている。また相対湿度も80%程度で葉の気孔が開き、ガス交換が活発に行うには最適であることが分かっている。よって、このような作物の物質生産に適する環境にするため、温室内をなるべく閉じ込める形で実現するのが半閉鎖管理である。夏季においては、高温のために完全に閉鎖することは難しいが、それでも、夜間や朝夕などは可能なこともある。夜温をヒートポンプなどで下げ、日中の湿度を細霧冷房で管理することも夏季高温条件が作物に与えるダメージを緩和する重要なことである。

半閉鎖的な管理を行いトマトを一年間栽培した結果、年間収量40t/10aを超える増収となった(安場ら, 2010)。今後、他の作物への応用や、管理方法の最適な基準や、実験温室以外での実証など行うことは多々ある。今年度からこの概念に沿って、農林水産省の実用技術開発事業「CO₂長期・長時間施用を核とした環境制御技術を開発し東海の園芸産地を活性化する」というプロジェクトを野菜茶研と東海4県の各試験場の協力で今後3年間行う予定である。

なお、半閉鎖管理の概念には、自然エネルギーの利用、循環式養液栽培による肥料の有効利用、植物残渣の利用なども含む。施設園芸における投入エネルギーや投入資源を無駄にすることなく利用し、効率を最大限に発揮させることが重要といえる。野菜茶研ではLCA的に環境負荷を低減するような技術として施設園芸を体系化することを目指しており、つくば植物工場拠点においても、太陽エネルギー蓄熱利用技術を利用した低炭素型の生産システムを目指している。

5. 作物管理技術

野菜茶業研究所の施設園芸のグループではこれまでトマト中心に技術開発を行い、収量構成要素の解明、局所暖房や、基部側枝利用技術、量管理技術の開発などを行ってきた。植物工場では、新たにキュウリとパプリカも対照品目として技術開発を行っている。キュウリにおいては、現状ハウスでの蒸し込み栽培など過酷な栽培環境や毎日収穫といった重労働が問題となり担い手も減少しつつある。パプリカは国産品の生産が望まれている有望な野菜であるが、わが国での栽培方式が定まっておらず収量的に低いこともあり輸入品が多くを占めている。このような状況打破のため、キュウリでは、作業環境も快適な多収技術の開発を、パプリカにおいても天敵等を利用した減農薬栽培における多収技術の開発を進めている。

つくば植物工場では、夏季のキュウリ栽培において12.5t/10aといった大幅な収量増加を達成

できた（東出ら，2012）（図5）。この多収化を果たした要因を収量構成要素により解析したところ、栽培初期においては葉面積指数の増加が受光量増加に寄与し、乾物生産、乾物収量を増加させ、収量を増加させる要因であると考えられた。群落ができあがった全期間を通しては、群落の吸光係数が小さく、光利用効率が高いことが、総乾物生産、乾物収量、キュウリの収量の増加につながった。また果実数の増加による果実へ乾物分配の増加が収量増に大きく関与することが明らかになった。誘引方法では、つる下ろし栽培よりも摘心栽培の方が、特に初期に葉面積指数が大きいため有利であった。約3ヶ月間の栽培では、全期間を通して摘心栽培の方が収量が高かった。つる下ろし栽培は作業が単純で長期栽培に向くとされているが、短期的な収量では必ずしも有利でないこともあるので、植物工場において多収を目指すには栽植密度や仕立て方法などを今後も検討する必要があると思われる。

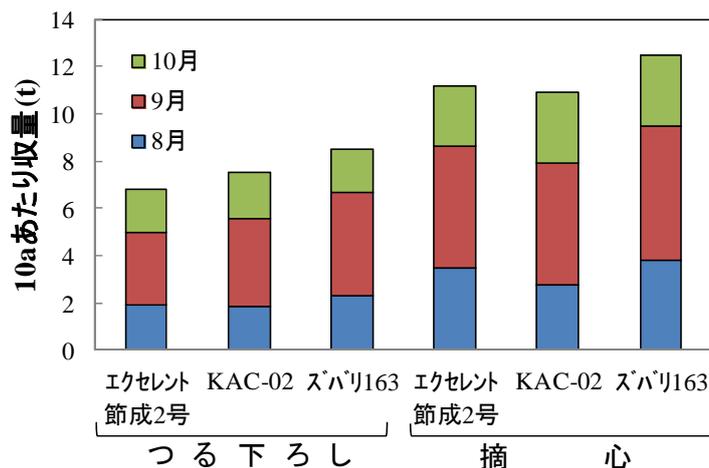


図5 品種および整枝誘引法の異なったキュウリの新鮮果実重

6. 省力化技術

温室内の作業を自動化する取り組みとして、野菜茶研では、自動搬送車両、集荷装置、受入装置で構成するコンテナ搬送装置について、複数台の集荷装置および受入装置に対応したシステムの構築を目指している。現在つくば実証拠点内において、試作したシステムの設置を行い、実用性を評価している（図6）。この他、トマトの自動着果処理装置、房取り収穫装置の開発を行っている。



図6 自動搬送装置

引用文献

- 安場ら，2010． トマト長期多段栽培における多収のための統合環境制御下での温室環境と収量の推移． 野菜茶研報． 10:85-93．
- 東出ら，2012． 収量構成要素の解析からみたキュウリ短期栽培の摘心およびつる下ろし整枝法の差異． 園学研． 11:523-529．

植物工場における環境制御技術と高品質作物生産

後藤 英司（千葉大学大学院園芸学研究科）

1. はじめに

千葉大学松戸キャンパスでは、経済産業省の「植物工場基盤技術研究拠点整備事業」の支援を受けて、園芸学研究科が中心となり平成 23 年 4 月に千葉大学植物工場研究センターを開設した。当センターの特徴は、太陽光利用型植物工場と完全人工光型植物工場の両タイプに取り組む点である。事業目的は植物工場に関して産学官で革新的な技術開発を行い、その成果を植物工場産業へ技術移転して我が国の施設園芸作物の生産向上に結びつけ、また地域経済の活性化に貢献することである。本講演では当センターにおいて筆者らの研究グループ（環境調節工学研究室）が取り組む研究開発を紹介する。

2. 技術開発

2. 1 太陽光利用型

我が国の温室（ガラス室とプラスチックハウスの総称）の設置面積は約 5 万 ha で、1990 年代前半までは増加傾向にあったものの、それ以降はほぼ横ばいである。この理由として、輸入食材の増加、農作物価格の不安定、担い手の減少など幾つかが挙げられる。食料自給率向上が叫ばれるなか、施設園芸は異常気象や天災の影響を受けにくい安定した生産システムとして高く評価されている。

温室のうち太陽光利用型植物工場になりうるのはガラス室および鉄骨を用いるプラスチックハウス（合計約 1 万 ha）である。環境制御機器を装備する非鉄骨系プラスチックハウスは太陽光利用型植物工場の予備軍といえる。大中規模の商業温室は農業生産法人が運営するケースが多いが、専門知識・技術を持つ人材が不足しており、環境制御技術などの新技術の導入まだ十分ではない。現在、太陽光利用型では主に葉菜類と果菜類が生産されている。他方、機能的野菜、周年花き、施設果樹、薬用作物などは、環境制御技術が向上して好適環境を実現できれば、おのずと植物工場での周年生産が増えると考えられる。

近年、施設園芸はオランダ等の欧米に習い大規模化する傾向にある。我が国でもラージスケールのメリットを活かした太陽光利用型植物工場の優位性が実証され、普及拡大の傾向にある。他方、日本が世界をリードしてきた温室の環境制御研究は、その技術が小中規模の温室で開発、実証されてきたため、大型温室特有の環境制御課題に関する技術蓄積は十分とはいえない。日本は南北に長く、冷房や遮光を重視する高温地域から暖房や補光を重視する低温地域まで幅広く温室が設置されており、生産される農作物も多様である。今後の環境制御技術の開発では、気象条件と作物を考慮しつつ、海外にも応用しうる汎用性の高い技術を構築することが必要である（表 1）。

2. 2 完全人工光型

人工光型は経営の観点からは、室内空間に栽培棚を最大限に配置して土地生産性を高め、休まずにフル回転して生育速度を高め、時間あたり、面積あたりの生産量を増やすのがよい。つまり夜（暗期）を必要としないか夜が短くても健全に生育する作物は、生育期間を短縮できる点で適する。現在、葉菜類の中で生産量が多くてこの条件に合うのは非結球型レタス等の葉菜類である。

植物由来の化学物質（ファイトケミカル）として身体の調節機能に関して抗菌作用、解毒作用、抗酸化作用、抗腫瘍活性、代謝改善などの効果、および生活習慣病の予防効果を持つ成分がある。緑黄色野菜が有するファイトケミカルにはポリフェノール、有機硫黄化合物、テルペノイドなどがある。これらの多くは二次代謝物であり、その多くは植物工場において容易に制御できる環境スト

レス付与により高濃度化、高含有量化が期待できるため、これらを安定的に高濃度化するための生育制御法の確立が期待されている。人工光型のメリットである無農薬、高品質に加えて、機能性成分が安定・高含量という長所を活かした市場を形成をすれば、人工光型植物工場はさらに普及すると思われる。そのためには、有用成分増強のための栽培技術を構築する必要がある。具体的には、植物の生理生態および生合成経路の特徴を理解した上で、光、温湿度、ガス濃度、気流、培養液などの条件を有用成分増加に合わせるための生育環境制御が必要である。そのために新光源等を用いる照明技術の開発、温湿度、ガス濃度、気流を制御する空調技術の開発が期待されている（表2）。

薬用植物の薬用成分も二次代謝物質であるため、薬用成分増加の方法として、作物の機能性成分増加のための光や温度のストレス処理の考え方を適用できる場合がある。薬用成分を蓄積する器官と生合成の特徴を理解した上で生育制御技術を開発することが必要である。

3. まとめ

植物工場は日本が誇る二次産業の技術を導入した生産システムであり、マーケットインの考え方で農作物の計画生産・販売が容易であり、6次産業のモデルとなる新しい農業である。植物工場の生産性向上に環境制御技術の果たす役割はとても大きい。海外ニーズも着実に増加している。今後も本学会等の環境工学・微気象の研究者と技術者が積極的に本分野に取り組むことを期待する。

表1 現在取り組んでいる太陽光利用型植物工場の研究課題

i) 施設・設備等	光選択性被覆資材の開発 補光用光源の開発 効率的な冷房システムの開発 統合環境制御システムの開発
ii) 運転等	夏季の環境制御法（細霧冷房、遮光、CO ₂ 施用、気流）の開発 冬季の環境制御法（補光、気流、暖房、CO ₂ 施用）の開発 大規模温室用環境シミュレーションモデルの開発
iii) 栽培技術等	ハウス内育苗における生育環境制御 果菜類の生育モデル開発および生育予測 薬用植物の効率的周年栽培法の開発

表2 現在取り組んでいる人工光型植物工場の研究課題

i) 施設・設備等	高効率人工光源の開発 新規光源を用いた高効率照明システムの開発 多段式栽培室における空調と照明の最適設計
ii) 運転等	照明コストの削減技術の開発 空調コストの削減技術の開発 気流制御による空間内環境の均一性の向上
iii) 栽培技術等	人工環境下の光合成と形態形成 人工光制御による高次機能性野菜の効率的生産法の開発 環境ストレス付与による野菜・薬用植物等の有用成分増加 遺伝子組換え植物工場を用いた医療用原材料の生産

コンテナ型植物工場におけるワサビの栽培および採算性評価

田中逸夫（岐阜大学応用生物科学部）

1. はじめに

日本原産の数少ない食用植物の一つであるワサビは、抗菌・抗カビ作用、抗虫作用、血栓予防・消化管吸収促進作用のある香辛料として寿司、刺身やソバといった日本食に欠かせないものである。最近では、解毒酵素活性、ビタミン B₁ 合成増強作用、抗生物活性、抗ガン活性、抗酸化活性などを有する機能性植物¹⁾としても注目されている。

しかし、自然環境下でのワサビ栽培には環境と養水条件に起因して栽培地が限定されることや病虫害・自然災害の発生といった様々な問題がある^{2)~3)}ために生産量が非常に少ない。さらに 1980 年代以降長期にわたって生産量は減少傾向にあり、最近では根茎が 1000 t 以下、葉柄が 3000 t 以下となっている。

そこで著者は 10 年ほど前から人工光を用いた閉鎖型施設でのワサビ栽培の研究を行っている。これらの研究の背景には上記の問題点と現状のみならず、ワサビは陰生植物であるため人工光を用いた栽培に適した作物であることや根茎、葉、葉柄、花軸、根にいたる全てが利用され高価で取り引きされるために、植物工場生産に向いている作物であると予想したことが挙げられる。

2. コンテナ型植物工場の概要

使用しているコンテナ型植物工場は 20 フィートタイプ（幅 2.2m，長さ 6m，高さ 2.2m）の冷凍コンテナ（断熱材厚さ 70mm）を再利用したエスペックミック（株）製のものである。図 1 に栽培装置の概略を示した。栽培室の床面積は 10.6 m²であり、栽培棚は上下 2 段 2 列となっている。水耕栽培装置はベッド内水深 4cm の循環式水耕を採用している。使用している環境制御機器の諸元を表 1 に示した。

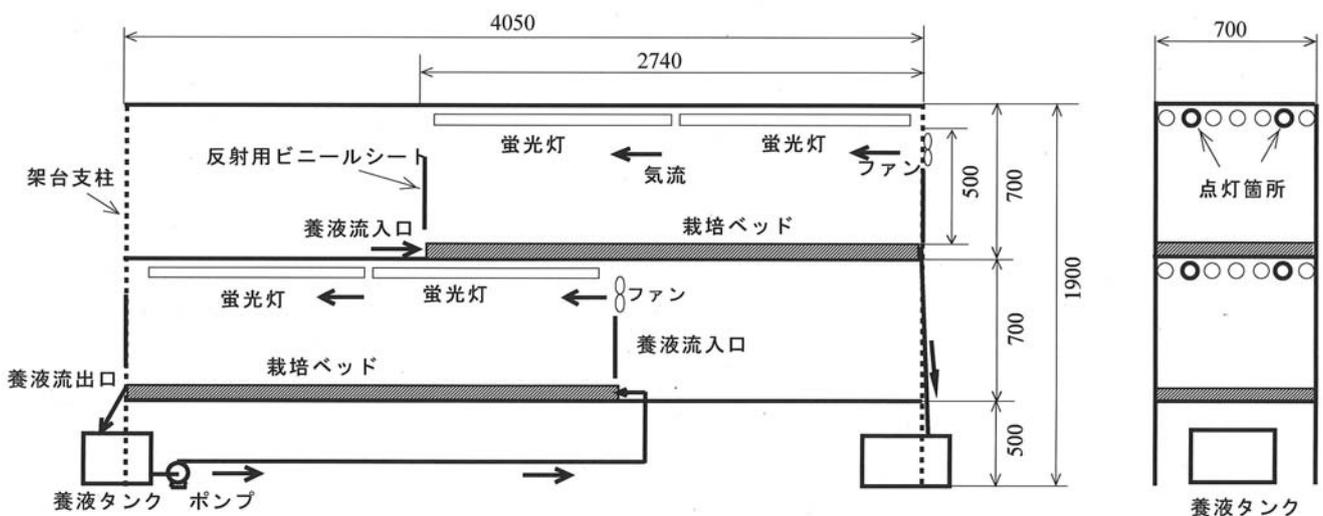


図 1 栽培装置の概略図

表1 環境制御に使用した機器類の諸元

光源	三波長域発光型高周波蛍光灯32W型	16本
空調機	冷房能力4.5kW 冷凍機1.1kW COP2.8	
除湿機	270W×1台	
養液循環ポンプ	30W×4台	
気流調整用ファン	軸流ファン	18W×4台

表2 栽培環境の設定値

PPFD	110 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (定植面平均)
明期	16 時間(17時~9時)
暗期	8時間(9時~17時)
気温	18°C
養液温度	16~17°C
養液濃度	EC1.8~2.0 dS/m
相対湿度	60 %
CO ₂ 濃度	700 ppm(明期) 300 ppm(暗期)

3. 栽培方法

栽培環境の設定値を表2に示した。これらの設定値はこれまで実施してきた研究^{4)~6)}に基づいている。ただし、気温と湿度は16~18°C、50~65%の範囲で変動した。また、水温調節機は使用していないが気温の影響で養液温度は16~17°Cの範囲で緩やかに変化した。

養液は大塚化学(株)の大塚ハウス肥料A処方により作成し、養液の管理は1~2週間毎にECとpHを計測・調整し、2~3週間毎に減少した分の養液を追加した。

使用したワサビはダルマ系品種の組織培養苗であり、16穴定植パネルに176株定植した。栽培期間は10月から7月末にかけての約300日である。葉・葉柄の収穫は、定植後約2ヶ月目から2週間毎に葉幅10cm以上のものを対象として葉柄の付け根から3cmの長さで行った。また同時に20cm以上の長さで達した花軸の収穫も適宜行った。根茎の収穫は栽培の最後に一斉に行った。図2、図3に栽培風景と根茎の生育状況を示した。



図2 栽培風景



図3 根茎の状況

4. 収穫量、消費電力量および収支の試算

1株当りの平均収穫量は葉・葉柄410g、花軸48g、根茎31gであった。本栽培装置での栽培株数は176株であるので、葉・葉柄72kg、花軸8.4kg、根茎5.5kgの収穫量であった。

これらの値をもとにして生産額を算出すると、

葉・葉柄生産額 $72\text{kg} \times 1,500 \text{円/kg} = 108,000 \text{円}$

花軸生産額 $8.4\text{kg} \times 5,000 \text{円/kg} = 42,000 \text{円}$

根茎生産額 $5.5\text{kg} \times 10,000 \text{円/kg} = 55,000 \text{円}$

となり、生産額の見積合計は 205,000 円である。なお、単価はワサビ生産販売会社であるわさびの門前のホームページに掲載されているものを参考にした。

一方、採算性を検討する上で必要となる消費電力は、200V 電源が 7,330 kWh（内訳は蛍光灯 3,600 kWh，空調機 3,730 kWh），100V 電源（除湿機，循環ポンプ，気流調整用ファンに使用）が 2,800 kWh であり，合計で 10,130 kWh であった。その他，苗代（150 円 \times 176 株 = 26,400 円），水耕用肥料および CO2 ガス（約 10,000 円）が消耗品費である。その他に必要な経費として人件費および減価償却費がある。人件費算出基準としての必要作業時間は，葉柄の収穫と管理に週 0.5～1 時間，養液の調整・追加作業に月 1～1.5 時間，10 ヶ月で合計約 50 時間，さらに根茎の収穫・調整に約 15 時間かかるので，単価 900 円とすると約 60,000 円となる。

したがって，生産額からランニングコスト（消費電力費，消耗品費および人件費）を差し引いた値で定義した収支の試算式は以下となる。

$$Y_1 = 205,000 - 96,400 - 10,130X \quad , \quad Y_2 = 205,000 - 96,400 - (10,130 - 3,730)X$$

ここで， Y_1 ：収支（円）， Y_2 ：空調費を除外した場合の収支（円）， X ：電気料金（円/kWh）である。

図 4 に上記収支式より求めた電気料金と収支の関係を示した。なお，空調費を除外した場合の収支は，地下空間や湧き水・地下水などを利用した場合を想定している。

図からは，電気料金が約 11 円/kWh の場合にランニングコストと生産額がほぼ同じになることが分かるが，電気料金が高い日本では採算が取れない。日本での深夜電力利用料金は 9 円/kWh 程度であるので，深夜電力利用は必須となる。しかし，減価償却費がほとんど産出されない。一方，空調費が不要な場合には採算がとれる可能性がある。ただしこの場合でも不要となった建物の利活用をはじめとして植物工場建設費の可能な限りの削減が前提となる。

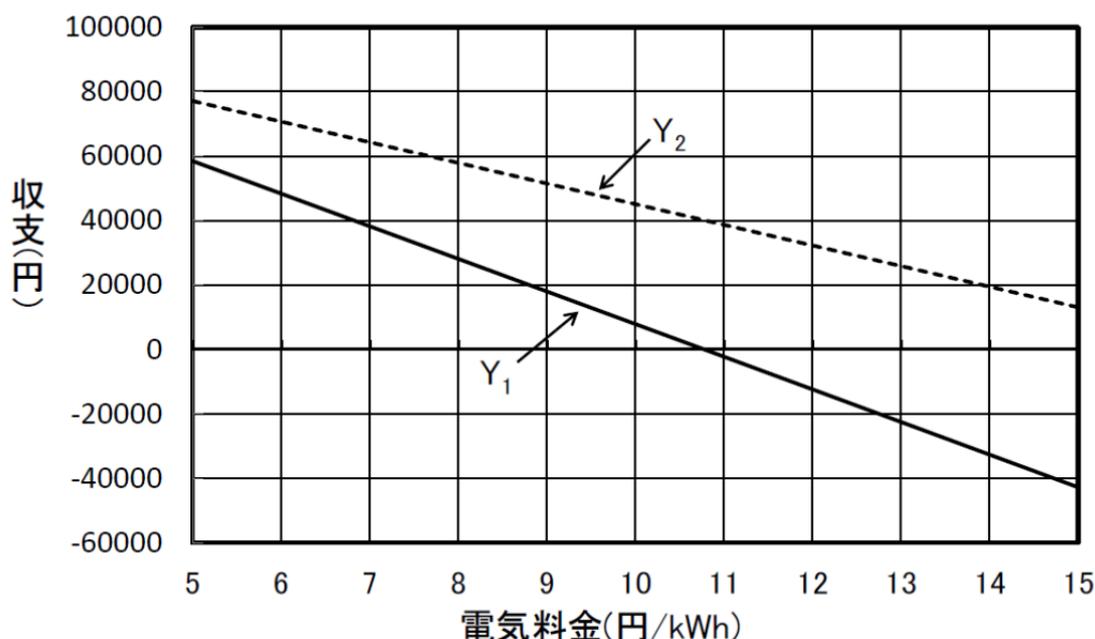


図 4 収支の試算結果

5. 今後の課題

筆者が行っている現在の栽培方法では採算がとれないので、収量増加や消費電力量の大幅な削減が必要である。

収量を増加させる方策として栽植密度の増加や噴霧耕の採用などが考えられるので実際に試みている。その結果、栽植密度を高めることを目的として、1パネル当り16株を24株にして栽培した場合では、1株当りの葉柄収量は約2/3に低下したので、これ以上栽植密度を高めることによる増収効果はないと考えられる。噴霧耕を用いた場合には、葉柄、根茎ともに20%以上の生育促進が明らかとなっているので有望である。このほかに、根茎の肥大は定植後5~6ヶ月以降に始まるので、栽培期間の延長による根茎収量の促進が考えられる。この場合には1作当りの苗購入費も削減される。また、根茎収穫時に得られる小さい分けつ茎を苗として再利用することも根茎の生育促進や苗購入費削減の有望な方法であると考えられる。これらの検証を含め採算性の向上をめざしたさらなる研究が必要である。

引用文献

- 1) 木苗直秀, 小嶋操, 古郡三千代: ワサビのすべて, 学会出版センター, 93-164, 2006.
- 2) 足立昭三: ワサビ栽培, 秀潤社, 44-54, 1987.
- 3) 星谷佳功: ワサビー栽培から加工・売り方まで一, 農山漁村文化協会, 35-43, 2001.
- 4) 田中逸夫, 舟橋芳仁, 嶋津光鑑: Eco-Engineering, 20(3), 119-124, 2008.
- 5) 田中逸夫, 伊藤佳洋, 篠塚真里, 嶋津光鑑: 植物環境工学, 21(4), 175-178, 2009.
- 6) 田中逸夫: 植物工場とその照明技術, Science & Technology, 184-195, 2009.

植物葉の空気イオン発生メカニズムについて

○青木正敏・久保田卓史（東京農工大・大学院・農）

空気中の負の空気イオンが多くなると、人間に心理面・生理面で好影響があるといわれている。森林内では負の空気イオンが多いとされているが、植物が能動的に負の空気イオン（以下では単に空気イオンと述べる）を発生するか、またどのように発生するのかなど、に関しては明らかにされていない。

そこで、実験的に調べることによって、①植物によって負の空気イオンの発生量に關する要因を明らかにすること、②これによってその発生メカニズムを明らかにすること、を研究目的とした。

実験方法

(1) 対象試料：萎れていないサツキ、カタバミ、クロガネモチ、サカキ、イヌツゲ、シラカシ、ヤブツバキ、アオキ、サワラ、ビャクシン、マツ、スギ、ヒノキ、シュロの1枝の葉を用いた。シキミの造花も用いた。(2) 空気イオン測定器：空気イオン測定器 KEC-900 型 (3) 実験箱：ポリエチレン製の手袋をはめて手を入れることができるようにした透明アクリル板製の密閉箱を用いた。この箱内に空気イオン測定器を置いた。(4) 実験手順：①手を箱に入れるが、植物資料の枝を持たず、手を動かさない場合、②手に持った1枝を静止した場合、③手に持った1枝を一定の強度と振れ幅で揺らした場合について、単位空気体積あたりの負の空気イオン個数（個/cm³）を2～3回繰り返して測定を行った。この場合、同じ枝を用いて繰り返し測定を行うのではなく、葉の枚数と葉面積がほぼ同じ別の枝を用いて測定した。その平均値を用いて解析することとした。葉に付着した物質の影響も調べるため、蒸留水で葉を十分に洗浄した場合についても測定した。なお、②と③の測定値から①の測定値（①の値の測定回毎の変動は僅かで、③と比べると絶対値は1/5以下であった。）を差し引いた値を以下に述べる空気イオン増加個数（個/cm³）とした。

結果および考察

枝を振動させない場合、どの樹種も空気イオン発生は認められないことが明らかとなった。また、枝を振動させても、葉どうしが接触しないようにした場合は、空気イオンの増加はなかった。そこで、以下では、振動させて葉どうしを接触させた場合について述べる。葉面を洗浄した場合でも、未洗浄の場合と有意な差は認められず、葉の付着物は空気イオン発生量に影響を及ぼさないと考えられた。最も単純なカタバミ（1本の茎に複葉が1個着いている）について、茎の本数の影響を調べた結果を図1に示す。茎本数（＝複葉の数）の増加に伴い、イオン個数が指数関数的に増加することが分かった。これは、葉同士が接触する回数が増えることによってイオン発生数が増えたものと考えられる。種々の広葉樹の1枝の総葉面積および葉の大きさと発生量との関係を図2に示すが、1枝の総葉面積に比例してイオン発生数が増加し、また同じ総葉面積でも葉が小さい樹種ほど発生数が多いことが分かった。この原因は、同じ総葉面積でも小さい葉は1枝の葉の枚数が多いため、相互に葉が接触するチャンスが増えるためであると考えられた。造花の葉でも生きた葉と同じ結果であった。

結論

植物は自らが負の空気イオンを発生するのではなく、葉が相互に接触することで発生することが明らかになった。生きた葉と造花の葉の負の空気イオン発生数は同じで、植物種による発生数の差異はなかった。森林で負の空気イオンが多いのは、風により葉がゆれて葉同士が接触するためであると推察される。

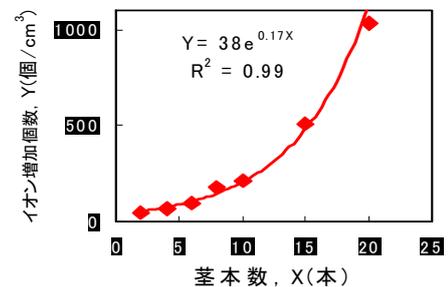


図1 カタバミの茎本数とイオン増加数の関係

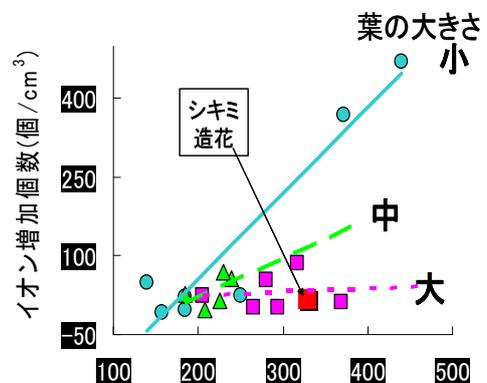


図2 葉の大きさが大、中、小の各種広葉樹の1枝の総葉面積とイオン増加数の関係

異なる波長の光照射に対するコケ植物の光合成反応

○ 北條 雅康（静岡県立大学院薬食生命科学総合学府）

谷 晃（静岡県立大学環境科学研究所）

目的

コケ植物は古来より日本庭園や盆栽等の鑑賞用に用いられ、日本では馴染みのある植物である。また近年、コケ植物が小型であり加工性が高い、軽量であり場所を選ばない、乾燥に強くメンテナンスが容易である、等の理由から、屋上緑化や壁面緑化への利用が増加し、需要が増えつつある。しかし、コケ植物のほとんどの種は栽培技術が確立されておらず安定した供給が難しい。特に、コケ植物と光に関する研究はほとんどないために、コケ植物の栽培・増殖を考える場合、光がそれらに及ぼす影響を明らかにする必要がある。そこで本実験では、異なる波長の光や光強度がコケ植物の光合成速度に及ぼす影響を調べた。異なる光質で光合成の光飽和点を求めることで、コケ植物の光合成に効率的な波長と光強度を明らかにする。

材料及び、方法

本実験はコケ植物を入れたチャンバーとブランクチャンバーのCO₂濃度差から光合成速度を求めた。コケ植物には、屋上緑化や日本庭園等の需要が高いスナゴケ (*Racomitrium japonicum*)、ハイゴケ (*Hypnum plumaeforme*)、シノブゴケ (*Thuidium*

tamariscinum) を用いた (図1)。実験は以下の2つを行った。①同じ光強度で異なる波長の光を照射し光合成速度を求めた。②異なる波長 (白色、赤色、青色) の光で光飽和点を求めた。

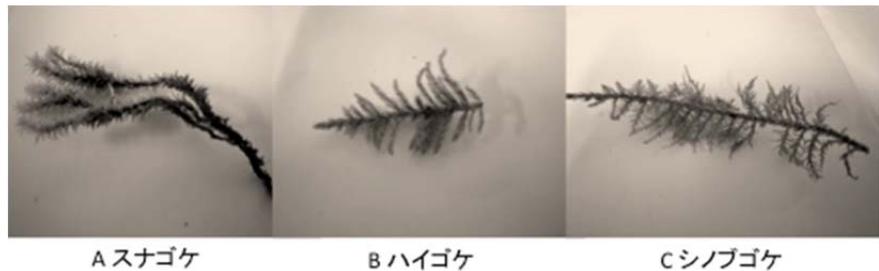


図1 実験にて用いるコケ植物の種類

結果

スナゴケでは異なる光質を同じ光強度で照射すると、光合成速度が赤色光、白色光、青色光の順で高くなった (図2)。白色 LED の PPF750 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、青色 LED の 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 照射時よりも赤色 LED の PPF200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 照射時の光合成速度が高くなった (図2)。しかし、白色、赤色、青色のいずれも今回設定した光強度の範囲では光飽和していなかった。ハイゴケでも類似の傾向が認められた。

本実験から赤色光がこれらコケ植物の光合成速度を効果的に高めることがわかった。光選択性フィルムなどを用いて太陽光の波長分布をコントロールすることにより、コケ植物を効率良く栽培できる可能性がある。

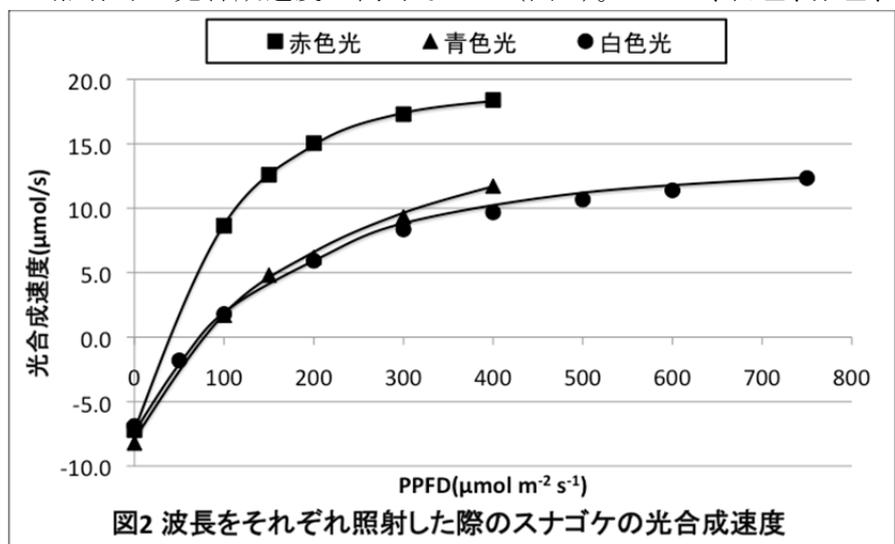


図2 波長をそれぞれ照射した際のスナゴケの光合成速度

茶生産への熱画像情報の活用

○松尾喜義、岡本毅（農研機構 野菜茶業研究所 金谷茶業研究拠点）

はじめに

近年の気象変動によって、茶園では、春先の凍霜害、少雨による干ばつ被害、異常高温による樹体の衰弱など、多種多様な悪影響が顕在化している。

一方、茶の生産では、温室効果ガスの発生量が多く、地球環境には優しくない状態が続いてきた。すなわち、窒素肥料の大量施用に伴う亜酸化窒素ガスの多量発生、春季の霜被害を防ぐために防霜ファンの運転に要する電力消費量が非常に大きいこと、製茶工程で生葉に含まれる水分を蒸発・乾燥させるために必要な多量の石油エネルギーなどである。

これらの茶園管理および製茶関係における種々問題について、熱画像情報を活用して、現在の状態を解析し、改善すべき部分を抽出して、対策技術とその効果を比較検討する試みを続けてきた。

今回は、茶園管理および茶生産における熱画像情報の活用について、野菜茶研で検討してきた内容を紹介する。

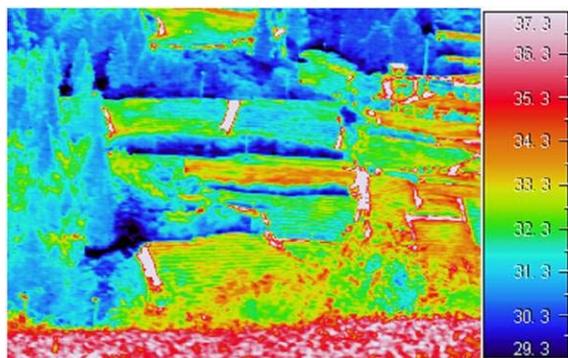
材料および方法

熱画像装置は、NECアビオ社のTH9100MRを用いた。

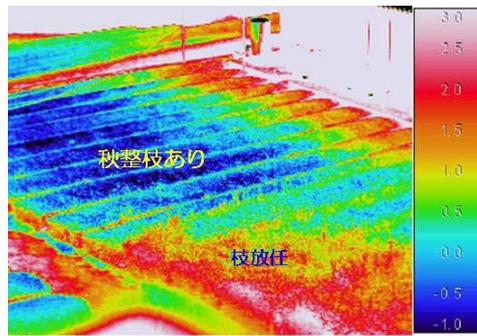
熱画像の観測場面（観測の目的）として、①夏期晴天時の茶園（生育不良茶園の検出など）、②秋冬期の夜間茶園（茶園の葉層冷却特性の調査）、③機械化された製茶工程の観測（熱が放出されている部分の調査）、④古来からの手揉み製茶の観測（手揉み製茶の茶の温度実態）を行った。

結 果

上記各観測場面ごとの代表的な熱画像を以下に示します。

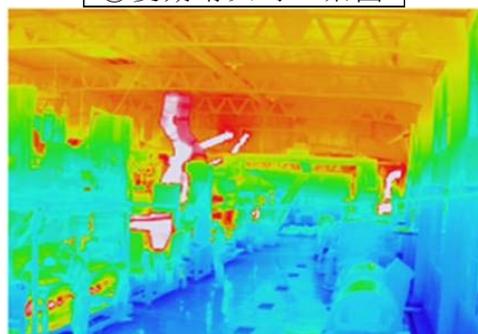


①夏期晴天時の茶園

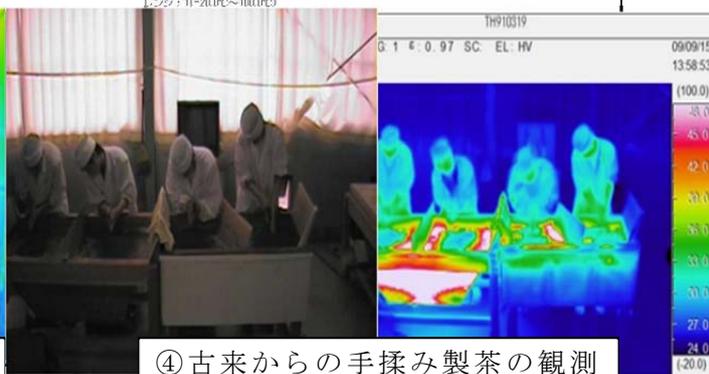


②秋冬期の夜間茶園

ファイル名: TH910040.SIT
測定日: 2007/12/27
測定時間: 19:32:36
コメント:
カメラ型式: TH9100
レンジ: 11~20 (0°C~100 (0°C))



③機械化された製茶工程の観測



④古来からの手揉み製茶の観測

気象・気候から見た沖縄と小笠原の自然・歴史・文化・農業

真木 太一（筑波大学大学院生命環境系農林技術センター）

沖縄との関連は長い。農水省にいた 1980～90 年代には防風林の計画指針の作成で、まずは全国版、続いて沖縄版の作成で何度も沖縄（島嶼域）を訪問した。もちろん九州大学（6 年）・琉球大学（2 年）の教授の時には当然、繁く訪問した。従って、有人の離島はほとんど回ったことになり、かつ主要な島への訪問は相当の回数に登る。一方、小笠原については、長年興味があり、関連資料は集めていたが、訪問は 2011～2012 年の年末年始の一度切りである。

このたび、小笠原については「小笠原案内－気象・自然・歴史・文化－」（小笠原シリーズ 6、南方新社）を 2012 年 9 月 20 日に、沖縄については「気象・気候から見た沖縄ガイド」（南島叢書 93、海風社）を 2012 年 10 月 22 日に出版した。どちらも、カラー写真（小笠原 66 枚、沖縄 56 枚）が多く入った一般向けの本であり、気象・気候を中心にした自然・歴史・文化・農業等の紹介であるが、気象資料については気象庁の 2011 年末までのデータで解析し、亜熱帯地域の特徴が鮮明になり、気象特性が示されている。

さて、小笠原については、小笠原の地理的・地形的特徴、小笠原の気候の特徴、小笠原父島・母島の歴史、父島・母島の特徴、小笠原の動植物、小笠原の農林業、小笠原の詳しい気象と気候である。そして、適宜、関連事項についてコラムとして解説を付けている。それらは、小笠原の気候、熱帯サバンナ気候、気象と気候の違い、気象・気候のデータミス、ユネスコ世界遺産、固有種の保護と移入種の駆除、人工降雨、小笠原の生態的特徴、母島の地形と気象・雨量から見た植生の特徴、樹木の台風・病害虫被害、父島・母島の植生、アホウドリ、島崎藤村の「椰子の実」である。コラムは用語解説と息抜きの意味である。

一方、沖縄については、沖縄の地理的・地形的特徴、沖縄の気候の特徴、沖縄の歴史的・文化的特徴、沖縄の詳しい気象と気候、沖縄の生物と生物多様性、沖縄・八重山の季節変化と自然である。そして、随所に関連事項の解説としてコラムを入れてある。それらは、爆弾低気圧、ジェット気流、人工降雨、沖縄のサクラ、沖縄の県花のデイゴ、1963 年の異常気象、沖縄の農業、長寿県沖縄の変化、琉球舞踊、石垣島の気象観測の恩人達、長命草、竜巻である。このコラムは用語解説と休憩のつもりである。

本書は、一時、両方をまとめた書物にするつもりであったが、出版社の希望もあり、別々のものとなった。さて、小笠原の方には、気象観測地点としては、主として、父島、母島、南鳥島、沖ノ鳥島以外に、比較のために、東京、大島、三宅島、八丈島の気象（気温、降水量、相対湿度、水蒸気圧、風向、風速、日照時間、日射量、海面気圧、雲量、雷・霧・雪日数）を取り入れ、細かく解析・比較している。一方、沖縄については主として那覇、南大東、与那国島、石垣島、波照間、および比較のために東京、父島、南鳥島を入れ、また気温等は、鹿児島の名瀬、沖永良部、沖縄の名護、久米島、宮古島、西表島を加えて細かく解析・比較している。

小笠原の海洋島（大洋島）（過去に一度も大陸とつながったことのない孤島）の特徴的な生物多様性・生物変異・進化が見られる。世界自然遺産としての特徴としては、小笠原は①自然景観（風景）、②地形・地質、③生態系と進化、④生物多様性の 4 項目のうち①の評価が悪く、②～④で認定された特徴・特殊性がある。多くの観光客は、2011 年 6 月に世界自然遺産に認定されたことで、主に素晴らしい小笠原の風景を見る目的で行くが、これでは意外にも、世界自然遺産に評価されなかった訳である。その特性が記述されている。

一方、沖縄は世界文化遺産として認定されたのは 2000 年 12 月に「琉球王国の城及び関連遺跡群」である。首里城が中心で付近の遺跡 8 ヶ所が入っているが、多くの観光客は首里城の正殿を見ることを期待して行くが、その正殿は 1992 年新装のため世界遺産ではない。かたや沖縄の自然豊かな風景を材料に世界自然遺産に登録しようとの考えもあるが、難しい状況ではある。今後期待したいところである。

真木太一・真木みどり、2012：小笠原案内－気象・自然・歴史・文化－、南方新社、pp.78+写真 pp.16.

真木太一、2012：気象・気候から見た沖縄ガイド、海風社、pp.112+写真 pp.16.