

大麻がグリーンラッシュを生み出し、栽培用照明はビジネスへと進化

モーリー・ライト

第1回HortiCann Light + Techカンファレンスは、植物関連の重要な科学的情報を発表するという従来のカンファレンスの伝統を受け継ぎつつ、特に大麻に関してはビジネス的要素をまとったものとなった。

本誌主催の第1回HortiCann Light + Techカンファレンスが2019年10月31日、米コロラド州デンバーで開催された。皮肉にも当日は、まるで多くの地域で植物を一年中屋外で栽培できるわけではないことを思い知らせるかのよう、季節的に早い吹雪に見舞われた。実際にHortiCannでは、特にLED補助照明を用いた温室栽培が取り上げられ、完全に固体照明(Solid State Lighting: SSL)に頼った屋内事例が多数紹介された。カンファレンスは、科学とビジネスの話題を行き来するものとなり、制御環境農業(Controlled Environment Agriculture: CEA)の成功に不可欠となるであろう照明以外の技術に関する魅力的な発表があった。すべての環境システムに自動化が求められるのは確か、植物のニーズを判断するために人工知能(AI)までもが投入されることになると考えられる。本稿では、いくつかのセッションを紹介する。対象範囲を拡大して照明以外の技術にも目を向けるというHortiCannの意図に応えたものを特に選定するとともに、栽培合法化の動きが拡大していることを考慮して、大麻(カンナビス)に関する発表も積極的に取り上げたいと思う。

すぐに素晴らしい内容に入るが、その前にこのイベントの背景について触れておく(既にご存じの読者には申し



図1 ニール・マットソン氏は、レタスなどの作物に対してCEAが屋外栽培よりも明らかに勝っているわけではないが、LEDはコスト面の差を縮める上で効果があったこと、また、屋外栽培では世界食糧需要を満たせないことを説明した。(写真提供: ジョーイ・メシェル・ファーク氏[Joey Mechelle Farqué])

訳ない)。10月31日のこのイベントは当初、第4回Horticultural Lightingカンファレンスになる予定だった。実際、第2回の同カンファレンスはデンバーで開催されており(<http://bit.ly/2noQXi3>)、2018年はオレゴン州ポートランドで開催されている(<http://bit.ly/2oPr0ZE>)。

しかし、2019年のイベントを計画していた時に、効率的な栽培事業における統合技術の重要性が増していることに気づいた。照明とその他の環境的条件の両方を、リアルタイムの制御下に置く必要がある。本誌に提示された各種論文には、そのことが明らかに示

されているとともに、大麻関連のさらなる情報に対する関心の高さもうかがえた。そこで、イベントの対象範囲を拡大し、その目的により適合した新しい名称(ブランド名)を採用することにした。

基調講演

では早速、非常に重要と感じたセッションの内容を紹介していきたいと思う。まずは基調講演である。ニール・マットソン氏(Neil Mattson)が登場し、CEA関連の機会を示しつつ、行く手を阻む潜在的障害をとらえた同氏の講演によって、HortiCannは開幕した(図1)。マットソン氏は、米コーネル大(Cornell University)教授で、Greenhouse Lighting and Systems Engineering (GLASE)コンソーシアムを統括している。しかし同氏は自分自身のことを、「低レベルの植物生理学者」と表現した。

実際には同氏は、いかにして増加し続ける世界人口に最大限に効率的かつ持続可能な形で食糧を供給するかという問題に取り組んでいる。その取り組みの中心となるのは主に、日光の補助としてSSLが一般的に用いられる温室などのCEA設定に関する研究である。自身のような研究者についてマットソン氏は、「次世代の学生を育成することが、われわれにできる最大のサービ

スである」と述べた。

HortiCannでは一日を通して、人工照明のみを浴びて植物が成長する垂直農法や屋内栽培から、補助照明を用いた温室栽培に至るまでのさまざまな話題に関する講演が行われた。温室栽培において、補助照明は栽培期間の延長と収穫量の増加に貢献し、照明付きの温室は、米国のみならず世界中で拡大している。

「例えば米国では、栽培照明面積は今後数年間、毎年20%弱のペースで増加すると推定されている」とマットソン氏は述べた。同氏は、インドのモルドールインテリジェンス社 (Mordor Intelligence) による水耕栽培市場に関するデータを引用して、CEA栽培の売上高は2014年から2019年までの間に10%近く増加して、年間256億ドルに達したと述べた。今後はややペースを落とすものの、2024年にかけて6.8%の成長率で伸び続けるという。

成長とエネルギー

マットソン氏は、収穫量増加の主要因はCEA補助照明が増加したことにあるとした。2025年までの栽培照明面積の増加率が20%という先ほどの米エネルギー省 (Department of Energy: DOE) の予測に戻ると、増加し続ける人口に健康で質の高い作物を供給しなければならないという観点からは、その増加率は朗報だが、エネルギーと環境の観点からは、その増加を支えるにはコストがかかるという問題がある。

もうお気づきだろうが、ここでこの問題を解決するのがLEDである。実際、DOEは、従来型照明を使用した状態で照明面積が予測どおりに拡大した場合、CEAの電力消費量は、米国だけでも2017年の6TWhから2025年には

表1 レタス生産の環境的フットプリントとエネルギーコスト

	栽培とニューヨーク市までの配送		
	カリフォルニア州で屋外栽培	温室	栽培工場
累積エネルギー需要	18.5	23.8	42.5
世界温暖化への影響	1.29	1.33	2.72
使用水量	201	21	21
照明エネルギーコスト	-	0.46	1.36

表出典: コーネル大GLASEのニール・マットソン氏による HortiCann Light + Tech での発表資料

33TWhにまで増加してしまうとしている。その電力消費量の増分を賄うには、米国にさらに6つの大型発電所を建設しなければならない。新しい栽培照明面積にはLEDを設置し、既存の照明をLEDに置換することにより、一般照明分野で得られたのと同じ、多大な省エネ効果を実現することができるようになる。

われわれはまだ、「LEDification」(LED化)のきわめて初期の段階にある。2017年には、米国の温室に占めるLEDの割合はわずか2%だった。大麻栽培における割合はそれよりもやや高く、4%にSSLが導入されていた。

CEAの有効性

講演はその後、意外な展開を見せた。マットソン氏は、CEAは万能薬ではないと説明した。屋外栽培の作物と比べて、明らかに優れているわけではないという。実際、CEA栽培と屋外栽培の作物のライフサイクル全体の比較

は、マットソン氏とその同僚が米国立科学財団 (National Science Foundation: NSF) の助成を受けて、真剣に取り組んでいる課題である。

マットソン氏は、「Food Supply Chains in Cities: Modern Tools for Circularity and Sustainability」(都市部における食品サプライチェーン: 循環性と持続可能性のための現代的手段) という出版されている書籍にある章の一部からのデータを示した。マットソン氏は、この章を共同執筆した多数の研究者のうちの1人である。

この章では、栽培過程とニューヨーク市の市場までの配送を含む、レタスの環境的フットプリントを3つの方法で比較している(表1)。カリフォルニア州で屋外栽培されたレタス、ニューヨーク州近郊で補助照明付きの温室で栽培されたレタス、そしてニューヨーク市内に位置する垂直農園または栽培工場で栽培されたレタスについて、輸送コストと、栽培事業が環境に与える

表2 年間作物売上高の比較

作物	総売上高(単位:ドル/m ² /年間)
きゅうり	\$98
ピーマン	\$76
トマト	\$86
大麻	\$12,900

表出典:ルミグロー社のジェイ・アルベレ氏による HortiCann Light + Tech での発表資料

影響を含めた比較が行われている。

表からわかるように、カリフォルニア州で栽培されたレタスが、累積エネルギー消費量と二酸化炭素排出量の面で勝っている。使用水量のみが、屋外栽培のデメリットである。また、レタス1kgにつき、照明のみのエネルギーコストとして垂直農園で1.36ドル、温室で0.46ドル必要だった。

それでもマットソン氏は、この結果に朗報を見出している。同氏によると、10年前に従来型照明で類似の調査を実施したときには、屋外栽培の優位性がこれよりもさらに高かったという。また、LEDの効率は高まり続けており、どのスペクトルが収穫量増加につながるかという研究者らの理解も深まっている。マットソン氏は、作物の品質については触れなかった。しかし、国を横断してトラックで運んだレタスの品質が劣るのは明らかである。また単純に、長期的に見て十分な食料を栽培するための耕作地が地球上にはない。

GLASEの研究内容

続いてマットソン氏は、GLASEの研究内容について説明した。GLASEは、コーネル大、米レンセラー工科大(Rensselaer Polytechnic Institute)、ラトガース大(Rutgers University)による共同プログラムで、ニューヨーク州エネルギー研究開発局(New York State Energy Research and Development Authority: NYSERDA)の助成を受けている。500万ドルを投じて進められているこのプログラムは、商用製品開発の指針を示すことを最終的な目標としている。研究者らは350の技術マイルストーンを設け、商業規模の研究施設/温室で取り組みを行っている。

マットソン氏は、SSLの設置に伴う初期コストが高いことを認め、GLASEは、その投資に伴うリスクを取り除き、栽培業者がSSLやその他の技術システムを使用して、合理的な期間でその費用を回収できるようにしたいと考えていると述べた。GLASEはこの研究を、以下の

7つの開発分野に細分化している。

- ・ダイナミックなLEDシステム
- ・エネルギー効率
- ・制御の統合
- ・パイロット実証
- ・スペクトルと植物反応
- ・CO₂の増加
- ・操作とモデル化

高次の目標は、照明によるエネルギー消費量を2014年の基準から70%削減することである。効率の高いLED光源によっていくらかの省エネ効果が得られるが、すべての構成要素が、収穫量に対するライフサイクル全体の省エネ効果に影響を与える可能性がある。省エネ効果は複合的だというのがその考え方である。例えば、LEDを使用するだけでエネルギー消費量は50%削減する可能性がある。加えて、照明とCO₂を制御すれば、その削減量をさらに30%削減できるかもしれない。つまり、効果は乗法的に加算される。マットソン氏がPAR(Photosynthetic Active Radiation: 光合成有効放射)効果と呼ぶ省エネ効果が、既に莫大なレベルに拡大されていることを研究者らは把握しており、さらなる省エネ効果は、他の要素と、基本的に生産性を向上させることによって、得る必要がある。

グリーンラッシュ

大麻へと話題を移すと、HortiCannでは、業界の一部でグリーンラッシュと呼ばれている現象を裏付ける明らかな証拠が示された。一部では、投資家、栽培業者、建築請負業者、セキュリティ企業、SSLメーカーのすべてが、ゴールドラッシュに似た期待感を抱いて大麻市場を追い求めている状況もうかがえる。すぐ後で説明するが、世界人口に対する食糧供給が飽和しそうなビ

ビジネスではないのに対し、大麻関連の巨万の富は、つかの間かもしれないが確実に存在する。10年前にLEDが一般照明分野に破壊的変革をもたらしたときのように、グリーンラッシュが栽培照明市場に破壊的変革をもたらすかどうかは興味深く、本誌は最近、大麻市場に殺到するSSLメーカーの動向に関する記事を公開している (<http://bit.ly/2QAk7WX>)。

最初に大麻について語ったのは、ルミグロー社 (LumiGrow) の最高経営責任者 (CEO) を務めるジェイ・アルベレ氏 (Jay Albere) だった (図2)。同氏は、栽培品種及び市場分野としての大麻を、「他とは異なる」という非常にシンプルながらも深い意味を持つ言葉で表現した。続いて同氏は、市場と栽培技術の両方の面からの他との違いについて説明し始めた。

まずは、市場規模である。アルベレ氏によると、2019年は120億ドルだという。同氏は、どのような市場が120億ドル規模であるかを調べ、「自動車のEコマース世界市場が120億ドル規模だ」と述べた。世界市場規模は2025年までに600億ドルに達する可能性があるとする予測もある。「その規模は、ジーンズの世界市場に等しい」とアルベレ氏は述べた。

では、大麻と他との違いは何か。アルベレ氏は、「州境を超えて商品を販売することができなかつたり、税金を現金で支払わなければならなかつたりする数十億ドル規模の市場がいくつあるだろうか」と尋ねた。「1000Wの高圧ナトリウムランプ (HPS) のみを光源として使用する環境で栽培を行うと、電力密度はデータセンターと同等になる」と同氏は述べた。2012年には、カリフォルニア州の電力消費量の3%が既に大麻栽培によるものだったとする



図2 ルミグロー社のジェイ・アルベレ氏は、「他とは異なる」という非常にシンプルな言葉で、大麻市場の特異性を表現してから、その趣旨を明確にするために、税金を現金で支払わなければならない数十億ドル規模の市場がいくつあるだろうかと尋ねた。(写真提供：ジョーイ・メシエル・ファーク氏)

データがあったと同氏は述べ、「現在の割合は想像もつかない」として首をすくめた。

金額

続いてアルベレ氏は、グリーンラッシュの背景にある推進力について説明した。要約すると、プロスポーツ関連の古い映画の「Show me the money」(金額を提示してくれ) というセリフに帰着する。アルベレ氏は、それぞれ30エーカー (約12万m²) の温室でピーマン類を栽培していたカナダの2つの異なる栽培業者について語った。どちらもその温室を大麻栽培用に転換したところ、売上高は1m²あたり100ドル未満から1万2900ドルにまで増加したという。表2は、複数の野菜と大麻を比較したものである。同氏によると、米国の栽培業者はこの数字には届かないが、大麻の収益性が野菜よりもはるかに高いのは間違いないという。ただし、地ビール業界のように、特殊な性質を

持つ米国の小規模栽培業者で、それよりもさらに高い一定面積あたり収益を生み出す業者は存在すると、同氏は述べた。

アルベレ氏によると、一部の市場でバブルは既に始まっているという。米国で最も早く娯楽用大麻が合法化されたコロラド州が、当然ながら最良の例である。コロラド州では、2017年7月頃に1ポンドあたりの卸売価格がピークとなる約1300ドルに達したと、アルベレ氏は述べた。それから2年が経ち、価格は大きく下落したが、1ポンドあたり850ドル付近で安定している。2017年10月から2018年10月のある時点で、価格は40%下落した。米国では州単位で、価格変動や価格圧縮が生じることに注意してほしい。

成熟と規模

当然ながら、サプライチェーン全体のすべての要素に変化がもたらされる。アルベレ氏によると、1000WのHPS照明が標準的な栽培用照明になった理由はただ1つ、街灯市場で使われていたためにそれらが利用可能だったからだという (図3)。現在、ほとんどの電力会社と自治体が、街灯用のこれらの照明の減価償却を終えているが、一部の大麻栽培業者はまだこれらの照明を使用している。この新興市場では、早い段階で利用可能だったものがそのまま使用された。

アルベレ氏の講演の要旨は次の一言に尽きる。つまり、大麻は大規模業界へと進化しつつあり、今ではそこに技術が適用されようとしている。また、たまたま利用可能だったものではなく、確かな技術を適用しなければ、栽培業者は、同市場の流動的な変化を吸収できない。当然ながら、そこにはLED照明が関与してくるが、エネルギ



図3 HPS照明(右)が大麻栽培に主に用いられたのは、栽培業者にとってそれが早い段階で利用可能だったからだが、LED照明を採用すれば、スペクトルをカスタマイズすることによって、収穫高を上げることができるという点について、講演者らの見解は概ね一致している。(写真提供:ブラックドッグLED社)

一消費量の削減と収穫量の最大化に向けて、コネクテッド照明、モノのインターネット(Internet of Things:IoT)、スマートセンサなどが照明を補完する。古いやり方では、規模の拡大に対応できない。成熟市場にはスケラビリティが必要で、アルベレ氏は、ルミグロー社はスケラビリティを実現できる企業の1社だと述べた。同社は古くからコネクティビティをサポートしており、植物に害が出る前に病原菌や病気を検出できるカメラのオプションを最近追加している。

アルベレ氏は、今後の動きについてもう1つ別の点を指摘した。トマトやペチュニアの収穫量最適化に熱心に取り組む教授はいるが、大学は多くの場合、カンナビス(cannabis)に取り組むことは禁じられてきた。現在では、ヘンプ(hemp)が全米で合法化されていることから、ヘンプを研究する大学が出現している。それによって、それと深い関連性があるカンナビスも、よりスケラブルな作物になることが予想される。また、そう遠くない将来に、

州境の問題も取り払われると期待されると、アルベレ氏は述べた。

スペクトルと植物

HortiCannの話題はその後、大麻のビジネス面から純粋な科学的見通しへと移っていった。米ブラックドッグLED社(Black Dog LED)のCEOを務めるノア・ミラー氏(Noah Miller)と、最高技術責任者(CTO)兼最高科学責任者(CSO)であるケビン・フレンダー氏(Kevin Frender)が、登壇した。コロラド州を拠点とする同社は、2010年に大麻を特に対象として設立された最初のSSL企業の1つだった。同社は長年にわたり、スペクトルとそれが植物に与える影響に関する研究に取り組んでいる。

実際にミラー氏は、その発表が植物形態学に関するものであることを直ちに強調した。同氏は植物形態学を、さまざまなスペクトルにさらされた植物に観察される物理的結果であると説明した。講演では、光形態形成に対するスペクトル効果と、生理学的影響につ

いても考察が行われた。フレンダー氏はその範囲を簡素化して、スペクトルは節間間隔、葉の大きさ、頂芽優勢に影響を与えると述べた。茎、花、実などのさまざまな植物特性を最適化するために、栽培品種によってスペクトルを選択するというのがその考え方である。

例として、フレンダー氏は、NASAが国際宇宙ステーションで、葉をできる限り大きくすることによって収穫高を上げることを目的に、レタス栽培の研究を続けていることを挙げた。「その研究を取り上げて、『これが植物を栽培するための完璧なスペクトルだとNASAが述べている』と言えば、大麻栽培にもそれが適用されて、最大限の大きさの葉が得られるようになる」とフレンダー氏は述べた。しかし同氏は、それが本当に大麻植物に対して望むことだろうかとの反語的に問いかけた。

「大麻植物を栽培する場合、おそらくは葉のために栽培しているわけではない」と同氏は述べた。つまり同氏が言いたかったのは、植物が大きな葉を育てるためにエネルギーを消費すれ

ば、大きな花は育たないということだ。また、葉が小さいほど多くの光が葉に覆われた植物の内側にまで届き、それも開花の促進につながることも同氏は述べた。

節間間隔

次に同氏は、植物の節間間隔(節の間の距離)について説明した。節間間隔によって、茎の大きさが決まる。しかし、大麻などの栽培品種については、長い茎は複数の理由で良くない可能性がある。長い茎は花を覆ってダメにしてしまう恐れがある。また前述のとおり、長い茎を育てるために植物のエネルギーが消費される。節間間隔を短く保つことのできるスペクトルを適用すれば、開花にエネルギーを注ぐことのできる管理しやすい植物が得られる。垂直に積層された環境での栽培では、節間間隔が短いことが特に重要で、高さ2フィート(約60cm)と5フィート(約150cm)の植物で、得られる収穫量は同じだと、同氏は述べた。ただし、繊維を採取するためにヘンプを栽培している場合は、長い茎が望ましいかもしれないと、フレンダー氏は述べた。

続いてミラー氏が再びマイクを受け取り、頂芽優勢について説明した。頂芽優勢とは、植物の茎の先端にある頂芽の成長が、側芽の成長よりも優先される現象のことである。多くの主茎で植物の残りの部分が覆われた、背が高く細い植物(同氏はこれを「pine-tree effect」[マツの木効果]と呼んだ)を育てることができると、ミラー氏は述べた。それよりも理想的なのは、上部が平らで、多くの側茎が水平に伸びてから上方向に延び、最終的に主茎と同じ高さになる状態だと同氏は説明した。巨大な主茎は、植物の中心部にカビが発生する原因となり、茎上の開花を抑

制すると同氏は述べた。

光形態形成

次にフレンダー氏は、光形態形成、つまり、植物の二次代謝産物への影響に関する話題を切り出した。過去の Horticultural Lightingカンファレンスで耳にしたように、紫外線(UV)エネルギーは、植物の香り、味、色、化学組成に好影響を与える。大麻の場合は、UVを使用して、THC、CBD、テルペン、アントシアニンなどの成分に影響を与えることができる。カンファレンスでは複数の講演者が、成長サイクルの終盤に植物をUVにさらすだけで、そうした結果が得られると述べたが、ブラックドッグ社のチームは、植物の成長サイクル全体を通してスペクトルの一部としてUVを適用する必要があると考えている。

詳しい内容は非常に興味深いものだったが、本稿の範囲を超えているのでここでは割愛する。フレンダー氏は、温度と蒸気圧がスペクトルと相互に作用すること、また、ほぼすべての栽培がそれぞれ全く異なることを説明した。ブラックドッグ社のチームはこれまで常に、最もオープンな栽培用照明メーカーの1社であり、そうした詳しい研究内容の多くを同社ウェブサイト上に公開している。

ストラテジーズ・アンリミテッド社の調査報告

カンファレンスの最後には、本誌の関連企業である米ストラテジーズ・アンリミテッド社(Strategies Unlimited)が最近公開した調査データの一部が紹介された。データは、栽培用照明に関するものなど、複数の異なるレポートから引用されたものだった。各種レポートは、ストラテジーズ・アンリミ

テッド社のサイト(<https://www.strategies-u.com/reports>)で熟読できる。ここでは、HortiCannが開催される少し前に公開された北米大麻用照明市場レポートからの一部のデータを、簡単に紹介するだけにとどめたいと思う(<http://bit.ly/2GzdEX8>)。

本稿ではお見せできないが、ストラテジーズ・アンリミテッド社は、大麻市場の勢いを視覚的に強調したしゃれたアニメーショングラフィックスを作成していた。2020年2月に開催された Strategies in Lightに参加した人は、ボブ・スティー爾氏(Bob Steele)のブレナリー講演でこのグラフィックを目にしたかもしれない(<https://www.strategiesinlight.com>)。同市場はとにかく非常に速いペースで進行している。

北米における合法大麻栽培に関しては、2018年の大麻栽培面積は2000万平方フィートをやや上回る程度だったが、2023年までに4500万平方フィート近くまで拡大すると予想されている。本稿の前半で触れたように、現時点でLED照明は、広く導入されているわけではない。2018年の時点で、LEDが導入されている大麻栽培面積は500万平方フィートをはるかに下回っていたが、2023年には1000万平方フィート近くになると見込まれている。

それでも、莫大なSSL売上高が見込まれている。2018年に北米大麻市場に販売されたLED照明の売上高は7000万ドル強だったが、2023年までには2億8800万ドル近くに達すると予測されている。同市場は30%を超えるペースで成長している。SSLと大麻で成功する方法がより広く知られるようになれば、照明の置換によってさらなる成長が見られる可能性がある。それが、2020年の大規模なグリーンラッシュが照明分野にもたらす効果である。