



植物工場運営 超入門

Shohei Imamura

PFBoost

目次

はじめに

- 本書の構成と使い方
- 著者

1章 植物工場の将来性と展望

- 植物工場とは何か——二つの型式を切り分ける
- 植物工場の「今」を知る
- なぜ、植物工場は赤字になってしまうのか？
- 業界の数字とニュースの読み方
- 稼ぐ植物工場のリアル
- 露地栽培や施設園芸との決定的な違いとは？
- 研究と現場の距離を理解する
- 植物工場管理者の3つの役割

2章 栽培管理の基礎知識

- 植物工場に最適な作物選びのポイントは？
- LED照明の活用
- 光
- 水耕栽培システム
- 温度管理
- 湿度管理
- CO2の利用
- 空調と風の管理
- 肥料の扱い
- 養液管理
- チップバーン
- 徒長
- 栽培管理のさらなるレベルアップのために

3章 現場管理の実践

- 現場管理は何から覚えるか——苗・数値・人の三層
- 生産計画の立案
- 播種
- 育苗
- 移植&定植
- 収穫&トリミング
- 収穫後の作業
- 従業員の管理と教育
- 衛生管理の徹底

- データ分析
おわりに

はじめに

植物工場は、設備を揃えれば勝てるビジネスではありません。

2011年にこの業界に入ってから、私は人工光型で葉物を育てる現場を10年以上、大小10箇所以上見てきました。資金力のある大手でも数年で撤退するケースがある一方、地味な改善を積み重ねて収益を安定させた工場もあります。違いはほとんど、設備やシステムではなく「現場の動かし方」に集約されます。最新のセンサーの横で、スタッフが手作業で葉の状態を確かめている——植物工場とは、そういう場所です。

その現場は、結局のところ現場で覚えるものです。この本を読んだからといって、明日から仕事ができるようにはなりません。ただ、業界と仕事の土台になる知識を先に持つておくと、現場での覚えが目に見えて速くなります。何のためにこの作業をしているのか、この数字は何を意味するのか——それが分かっている人と、言われた通りに手を動かしているだけの人とでは、同じ一日でも身につくものが違ってきます。

そこで本書は、新しく現場に入った人に、上司や先輩が「まずこれを読んでおいて」と渡せる本として作り直しました。現場に出る前に、業界と仕事の全体像を一通りつかんでおくための土台本です。

本書の構成と使い方

全体は三つの流れで組んでいます。

- 1章で、植物工場という業界の全体像を渡します。どんな世界で、今どうなっていて、どこで景色が分かれるのか。
- 2章で、栽培の基礎を押さえます。光、温度、養液——野菜が育つ仕組みの土台です。
- 3章で、現場の実践に入ります。日々どんな作業があり、管理者は何を見るのか。

この順番で読めば、現場に出たとき「今、自分は全体のどこにいるのか」が分かるようになります。

一つ断っておきたいことがあります。本書は、業界と仕事の土台を一通り渡すことに徹していて、収益に直結する一步踏み込んだ判断——最適値の見極め方、コスト削減のどこを削るか、販路の設計、投資の見極めといった話——には深入りしていません。そこは現場経験から抽出した実践ノウハウの領域で、姉妹編『植物工場の収益性を高める172のヒント』で一つずつ扱っています。本書で全体像をつかんだあと、必要になったらそちらを開いてくださ

い。

新人に渡す研修資料として使ってもらえると、いちばんありがたい使い方です。コピーや再配布は自由にしてかまいません。ただし著作権は放棄していないため、内容の改変はご遠慮ください。

著者



Shohei Imamura

2011年、植物工場業界に入る。現場作業員、サポートチームマネージャーとして、大小10箇所以上の植物工場の立ち上げ・運営に携わる。延べ600名以上のスタッフ教育に従事。

その経験から、植物工場の収益を左右するのは設備やシステムではなく、それを扱う人のスキルと知識だと確信。現在は独立し、植物工場に対して収益改善のコンサルティング、サポート、コンテンツ提供を行っている。

1章 植物工場の将来性と展望

はじめまして。これからあなたが足を踏み入れるのは、「植物工場」という、外から見ると分かりにくい世界です。私は2011年からこの業界において、人工光型で葉物を育てる現場を10年以上、10箇所以上見てきました。立ち上げの混乱も、撤退の現場も、地味に黒字を続ける工場も。この章では、まだ現場に出たばかりのあなたに向けて、業界の全体像を一通り渡しておきます。細かい儲け方の話はあとの章や『172のヒント』に譲って、ここではまず「植物工場とは何で、今どうなっていて、どこで景色が分かれるのか」を、現場の先輩が話すつもりで一気に通します。難しく考えず、まず全体の輪郭をつかむくらいの気持ちで読んでください。

植物工場とは何か——二つの型式を切り分ける



「植物工場」という言葉を聞いて、多くの人は工場のラインを思い浮かべます。ボタンを押せば規格品がどんどん出てくる、設備さえ入れればなんでも安く量産できる——機械の工場が育てた、その直感です。けれど、その直感のまま中に入ると、たいいてい見え方を外します。同じ「植物工場」と呼ばれていても、中身は別の生き物くらい違うからです。最初に、その切り分けだけ手元に置いておきましょう。

太陽を使うか、電気で全部つくるか

いちばん効く境目は一つです。太陽の光を使うか、電気で光まで全部つくるか。

太陽光を使うタイプ、いわゆる太陽光利用型は、ビニールハウスの延長だと思ってください。屋根から光はタダで入ってきます。工場っぽくやっているのは光以外——温度、湿度、CO₂、

水やり——を測って制御するところです。光を整えているのではなく、光以外を整えている施設、というわけです。

もう一方の完全人工光型は、窓のない部屋で太陽を一回まるごと捨てています。そのうえで、本来タダだった光を電気で買い直し、自分で作り直す。光だけでなく空調も湿度も、外の天気を部屋の中に再現するために全部電気でまかさないです。外気と切り離している代償です。私が10年以上いたのはこちら、人工光型で葉物を育てる現場でした。本書で「私が見てきた」と書くのは、基本的にこの範囲の話だと思ってください。太陽光利用型や、果菜・海外の大規模事例は、ここでは論文や前提からの見立てとして触れます。

この本では、断らないかぎり「植物工場」と言うとき完全人工光型を指します。新人が最初に配属されるのも、たいていこちらだからです。

なぜ作れる作物が葉物に偏るのか

レタス、ほうれん草、ベビーリーフ。植物工場の話で聞こえてくるのは、たいてい葉物です。理由は、光を電気で買い直すという制約から素直に出てきます。葉物は光をそれほど強く欲しがらず、背が低くて棚に何段も積める。育つ期間も短い。だから、電気で光を作るコストに、ぎりぎり見合うのです。

逆に、実をならせる作物は桁が変わります。トマトのように実をつける作物は必要な光の量が大きく、背が高くなるほど下の葉に光が届きにくくなって効率も落ちる。米や小麦のような主食になると、もっと極端です。だから完全人工光で商業的に作れるのは、今のところ主に背の低い葉物に限られます。

ここが、工場という言葉が裏切ってくるところです。普通の工場は設備を入れるほど作れる物が広がりますが、植物工場の完全人工光は逆で、むしろ作れる物がぎゅっと絞り込まれていく。しかも中で育っているのは生き物ですから、需要が落ちたからとラインのように一時停止して、また同じところから動かす、というわけにはいきません。一度まいた種は、売れようが売れまいが、その生育のスピードで育っていきます。なんでも安く量産する装置ではなく、限られた作物を、天候と切り離して安定して出すための装置——増やす工場ではなく、ブレを消す工場なのです。

業界の数字は、そのまま自分に当てない

これから「植物工場ってどうなんだろう」と調べ始めると、最初に手元に残るのはたいてい数字です。「赤字率は何割」「初期投資は何十億」。本書でもこのあと、そうした業界の数

字を見ていきます。ただ先に一つだけ言っておくと、ああいう一枚の数字は、そのまま自分の案件の物差しには使えません。型式も作物も規模も違うものを一列に並べた平均だからです。完全人工光のレタスと、太陽光利用型のトマトと、半分趣味のような小さい施設を、ぜんぶ「植物工場」として数えた赤字率に、自分の組み合わせが当てはまる保証はどこにもない。数字の読み方そのものは、このあとの節であらためて扱います。

確かめる順番

最後に、土台として一つだけ。植物工場を調べるとき、型式から決めようとする、たいてい迷子になります。おすすりは逆で、まず出口から入ること。誰に、何を、なぜその値段で買ってもらえるのか。そこが決まると欲しい作物が決まり、作物が決まると必要な光の強さや背の高さから型式がほぼ絞られ、それでようやく他人の数字を、自分と条件のそろった事例だけ選んで読めるようになります。出口、作物、型式、数字。この順番だけ崩さなければ、大きくは外しません。

どの売り先に、どの作物が採算で乗るのか——その見極めは収益設計そのものなので、本書では入口だけにとどめ、踏み込んだ判断は『172のヒント』に譲ります。まずは、二つの型式があること、葉物に偏る理由、数字は割って見る。この三つを持って、次の「今」を見にいきましょう。

植物工場の「今」を知る

私が植物工場の業界に入ったのは2011年、いわゆる「植物工場ブーム」の時期でした。大手企業が次々に参入し、新しい工場が各地に建設され、メディアは「未来の農業」として取り上げていました。

しかし、その後の展開は期待通りにはいきませんでした。資金力やブランド力のある大手でさえ、数年で撤退するケースが相次ぎました。最新鋭の設備を入れれば成功するというわけではなかったのです。一時の建設ラッシュは落ち着き、いまは話題の出方も変わってきました。

なぜ今、また注目されるのか

撤退の話が続いた一方で、植物工場への関心はむしろこの数年で再び強まっています。理由ははっきりしていて、食料を安定して手に入れられるかどうか——いわゆる食料安全保障への不安が、世界中で高まっているからです。

きっかけになるのは、たいてい「外から食料が届かなくなるかもしれない」という出来事です。感染症で物流が止まったとき、紛争で輸送路が不安定になったとき、そのたびに植物工場への問い合わせが増える、という動きが繰り返し起きています。植物工場は、輸送のコストを下げる技術というより、輸送に頼らずに作り続けられる技術です。物流が止まって、施設の中で作り続けられる。だから「自分の国の中で、天候にも国際情勢にも左右されずに食料を作れる手段」として、改めて評価され直しているわけです。

この動きは、農業に向かない環境を抱えた地域ほど強く出ます。気候や土壌が農業に向かず、水も乏しく、食料の大半を輸入に頼っている——そういう地域では、植物工場は経営上の選択肢というより、食料をどう確保するかという国家レベルの問題に直結します。日本のように「電気代が高いから割に合わない」と語られがちな国とは、そもそも採算を測る物差しが違う。露地で作ること自体が難しい地域では、「植物工場は高コスト」というデメリットが相対的に小さくなり、ビジネスとして成立しやすくなります。植物工場の損得は、どこで誰が見るかで景色が変わる、ということです。

ただし、いいことづくめではありません。植物工場はLEDや制御システム、培地、配管といった設備・資材の多くを輸入に頼っています。輸送が止まれば食料が届かなくなるからこそ施設を建てたいのに、その施設を建てるための部材もまた輸送に左右される——この矛盾は、正直に押さえておくべきところです。「だから植物工場だ」と単純に言い切れるほど、話は片づいていません。

参入企業は「数」ではなく「どこで稼ぐか」で読む

注目が集まると、参入企業の顔ぶれを眺める機会も増えます。「また大手が参入」「あの会社も撤退」といった見出しが、定期的に流れてきます。

そういうとき、つい「これだけ集まるなら有望なんだろう」と数で判断してしまいがちです。ただ、顔ぶれをよく見ると、毛色がバラバラなことに気づきます。もともと半導体や電機をやっていた製造業系の会社もいれば、外食や流通から来たところもあるし、農業ベンチャーのような新しいところもある。これらを「参入 社」とひとくくりに数えても、実は別々のことをやっている人たちが混ざっているだけ、ということが少なくありません。

私なりに腑に落ちている見方は、収益をどこで立てているか——つまり「どこで稼ぐか」で三つの層に分けることです。

一つ目は、設備やプラントを売って稼ぐ層。製造業系に多く、彼らにとって野菜は、自社設備の実力を見せるための実演に近い。売りたいのは装置であって、野菜そのものではない、

という会社が目につきます。二つ目は、自分で作った野菜を外に売る層。農業ベンチャーや専門系がここで、本当に「野菜の値段」で勝負しています。三つ目は、外食や流通のように、自社で使うために作る層。これは市場で野菜を売り合っているわけですらありません。

この三つは、同じ「植物工場をやっている」という看板でも、戦う相手も、利益が出る条件もまるで別です。だから企業数が多いからといって、競争が激しい（混んでいる）とは限らない。大事なのは、自分が狙っている売り先に、どの層がどれだけ固まっているか、です。スーパーの同じ棚を、野菜を売る層どうしが取り合っているなら、そこは本当に混んでいる。でも設備を売りたい製造業系は、その棚ではあまり競合しません。「参入 社」という数字は、自分が入ろうとしている売り先の混み具合を、ほとんど教えてくれないのです。

新人のうちは、ここまで読めれば十分です。ニュースで参入や撤退の数を見たときに、「これは設備を売る話か、野菜を売る話か、自社で使う話か」と一拍おいて仕分けるクセをつける。それだけで、業界の景色がだいぶ立体的に見えてきます。自社がどの帯を狙い、どこに空きがあるかを実際に見極めて手を打つ——そこから先は経営の判断になるので、本書では入口だけにとどめ、踏み込んだ読み方は『172のヒント』に譲ります。

変わったこと、変わらないこと

この10年以上で、確実に変わったこともあります。LED照明の性能は大きく向上しました。私が現場に入った頃には、まだ蛍光灯を使っている工場もありました。栽培データの管理やシステムの効率化も進んでいます。技術面の進歩は着実にあります。

変わらないこともあります。10年以上この業界にいて強く感じるのは、植物工場の収益性を左右するのは、設備やシステムではなく、それを動かす「人」だということです。最新のIoTセンサーの横で、スタッフが手作業で葉の状態をチェックしている。AIの環境制御の横で、ベテランの「勘」が活かしている。植物工場とは、そういう場所です。

それでも、植物工場には可能性がある

楽観視できる状況ではないと、正直に思います。ただ、厳しい環境の中でも収益を上げている工場は確かにあります。共通しているのは、「現場の動かし方」を知っていることです。設備のよし悪しではなく、現場のスタッフがどれだけ栽培を理解し、日々の判断を積み重ねられるか。ほんの小さな改善がきっかけで大きく変わった工場を、私は何度も見てきました。天候に左右されない安定生産、限られた土地での高い生産性、農薬使用量の大幅な削減。これらの強みは、多くの地域で価値を持ちます。そして、食料を自前で確保したいという需要

が世界で高まっている以上、この技術が必要とされる場面はむしろ増えていく。本書では、その土台となる基礎知識を、全体像として伝えていきます。

ただ、可能性があると言っても、現実はそう甘くありません。次は、その「厳しい現実」のほう——なぜこれだけの工場が赤字に苦しむのかを、正面から見ていきます。

なぜ、植物工場は赤字になってしまうのか？

可能性があるとはいえ、現実には多くの工場が厳しい経営を強いられています。

- 「設備投資にお金がかかりすぎた」
- 「思うように野菜が育たない」
- 「作ったはいいけど、売れない」

現場でよく聞く声です。なぜ、これだけの工場が赤字に苦しむのか。

まず押さえておきたいのは、「植物工場は赤字産業だ」という一括りのラベルが、判断をいちばん鈍らせるということです。「6割が赤字」といった見出しを何度も見ているうちに、なんとなく「この業界はそういうものだ」と受け取ってしまう。けれど、一つひとつの工場を実際に見ていくと、黒字も赤字もあって、その差がどこから来ているのかが見えてきます。私が10年以上、10箇所以上の人工光型の現場に携わってきて感じるのは、本当の分かれ目は産業かどうかではなく「作り方」だ、ということです。

「立ち上げ期の赤字」と「構造の赤字」は別物

赤字と一口に言っても、性質の違うものが混じっています。これを分けずに「赤字だからダメ」と一括りにするのが、いちばん危険です。

ひとつは、立ち上げ期の赤字です。植物工場は、稼働していなくても設備の償却が走ります。立ち上げ期は何ヶ月か棚が空き、歩留まりも当初は計画値まで届かないのが普通です。だから最初の数年は赤字になりやすい。けれどこれは、稼働率が上がり歩留まりが安定するにつれて、毎月縮んでいく赤字です。投資が回収に向かう、正常な過程の途中だと言えます。

もうひとつは、構造の赤字です。稼働も歩留まりも上がりきったのに、赤字幅が動かない。これはもう立ち上げの問題ではなく、その設備でその作物を作る限り抜け出せない、設計段階で決まってしまった赤字です。

見るべきは、赤字かどうかという符号ではなく、その赤字が時間とともにどちらに動いているかです。時間が経つほど赤字が縮むなら、立ち上げ期の赤字。時間が経っても動かないな

ら、構造の赤字。前者に必要なのは資金繰りと忍耐であり、後者に必要なのは作物の見直しか撤退で、打つ手がまるで違います。

採算を動かす三つのレバー

では、その「作り方」の何が採算を決めているのか。メリット・デメリットの一覧には項目がたくさん並びますが、採算を本当に動かすレバーは、突き詰めると三つです。電力、販路、現場力。出ていくお金の太いところが電力で、入ってくるお金の天井を握るのが販路、そしてその両方を最後に左右するのが、現場でどれだけ穫りきれるかという現場力です。

この三つには、性質の違いがあります。電力と販路は、着工前に紙の上で握れます。電気をいくらで引くか、何を作って誰に売るか。これらは図面と契約書の段階で先に決められる。一方、現場力は走り出してからの乗数です。同じ設備、同じ電力単価、同じ販路でも、現場の管理しだいで穫れる量も品質もまるで変わる。だから現場力は、最後に採算を割りにくる変数として、別に握っておく必要があります。

順番が大事です。なかでも先に見るべきは販路です。三つのうち、いちばん後回しにされやすく、いちばん取り返しがつかないのが販路だからです。見分けは、一つの問いでかなりつきます。「作る前に、誰が、いくらで、毎週どれだけ買うと決まっているか」。これに数字で答えられない案件は、設備がどれだけ立派でも危ない。逆にここが埋まっていれば、必要な規模も、許される固定費の上限も、そこから逆算できます。順番が逆——設備が先にあって売り先を探している——なら、それ自体が赤字側の兆候です。

ここで一つ、現場でよく見る逆転を挙げておきます。赤字になっている工場に、なぜか「立派な施設」が混じっている。最新設備を入れて規模も大きいところほど、赤字が大きく見えることがあるのです。普通に考えれば設備が良いほうが有利なはずなのに、です。からくりは単純で、販路から逆算せずに先に設備を入れてしまうと、その投資は売上が立つ前から固定費としてのしかかるからです。LEDも空調も自動化ラインも、稼働率がゼロでも毎月の償却は発生します。立派さそのものが赤字を呼ぶのではなく、販路を置き去りにしたまま設備だけが先行した結果が、目立つ形で表に出ているのです。

課題には「天井の層」と「到達率の層」がある

ここまでを別の角度から言い直すと、植物工場の課題は二つの層に分かれます。

ひとつは、その工場が一年でたどり着ける利益の天井そのものを決める層です。「何を作って、どこに売るか」——作物と販路の組み合わせが、その工場の背負える原価の上限を、着

工の時点で静かに決めてしまう。建ててしまったら、現場の頑張りでは戻せません。

もうひとつは、その決まった天井に、実績をどこまで近づけられるかを決める層です。電気の使い方、人の回し方、歩留まり。日々の運転がここにあたります。困りごととして表に出てくるのはこの層ですが、その役割は、上で決まった天井への到達率を上げることです。

だから順番として、建てる前は上の層で天井そのものを上げにいき、建てた後は運転で取り切る、という見方になります。よくある失敗は、天井が低いまま運転だけで挽回しようとする事です。電気代を抑えにいくと歩留まりが落ち、人を減らすと別のところで手が回らなくなる——というもぐら叩きの感覚は、たいてい、上流の制約を踏まえずに運転だけで取り戻そうとしているときに起きます。叩く前に、いったん「この症状を呼んだのは、上流のどの選択だったか」を見にいく。そのうえで運転を詰める。順番の問題なのです。

電力は、最大コストであり最大の環境負荷でもある

三つのレバーのうち、電力には特別なところがあります。それは、出ていくお金の最大級の費目であると同時に、植物工場の環境負荷の最大の要因でもある、という点です。コストの面でも、環境の面でも、行き着く先は電気なのです。

これは、人工光型という方式の宿命から来ています。露地が太陽からタダで受け取っていた光を、人工光型は電気で買い直している。だから人工光型では、電力が生産コストのおおむね2~4割を占め、しかもその電力の大半を照明が食います。露地と比べると、収穫物あたりのエネルギーは桁違いに大きくなります。コストとして重いものが、そのまま環境負荷としても重い。電気を減らす工夫が、電気代の削減と環境負荷の削減を同時に進めるのは、この構造のためです。

ただし、ここで一つだけ覚えておきたいのは、費目は連動して動く、ということです。電気を減らそうと照明や空調を絞りすぎれば、密植のぶん蒸れて下葉が傷んだり、選別ロスが増えたりして、削った電気代以上に歩留まりで損をすることがある。コストはどれか一つを単独で削れるものではなく、削る順番と、どこまで削るかの見極めが効いてきます。その具体的な判断のしかたは、本書の射程を超えます。最適値の見極めやコスト削減の判断、販路の設計、投資の見極めといった、採算に直結する一段深い検討は、姉妹編『植物工場の収益性を高める172のヒント』で詳しく扱っています。ここでは、考え方の入口——赤字を符号でなく傾きで見ること、採算は電力・販路・現場力の三つで決まること、課題には天井の層と到達率の層があること——を押さえておけば十分です。

業界の数字とニュースの読み方

赤字の構造が見えてくると、今度は逆に、世の中に流れている業界の数字やニュースが気になり始めます。現場に出ると、それらは嫌でも目に入ってきます。「市場は 億円規模」「半数が赤字」「大手がまた撤退」。先輩から「これ読んどいて」とレポートを渡されることもあるでしょう。困るのは、どの数字も、いざ自分の工場に当てはめようとする、どうもしっくりこないことです。大きな数字を見るほど、かえって目の前の現場の判断には使えない気がしてくる。あの噛み合わなさには、ちゃんと理由があります。ここでは、数字に振り回されないための物差しを渡しておきます。深い読み解きは『172のヒント』に譲って、入口だけ。

「半数が赤字」は、実在しない平均を指している

まず引かかるのが、「植物工場の半数は赤字」という一行です。この数字を見て参入や増設の手が止まった、という話はよく聞きます。けれど、これは人工光型も太陽光型も、葉物も果菜も、全部ひとまとめにした平均です。採算の構造はそれぞれまるで別物ですから、平均値は実在しないどこかを指していて、自分がどちら側なのかは何も教えてくれません。

実際、最近の実態調査でも、型式で割り直すと景色が逆を向きます。人工光型は今もおよそ半数が赤字寄りで、その主力はレタス類の葉物。ところが同じ調査で太陽光型の温室に目を移すと、七割以上が黒字か収支均衡で、こちらの主力はトマトのような果菜です。レタスを中心に数えれば「半数が赤字」、トマトの側では黒字が多い。同じ「植物工場」なのに、母集団を型式と作物で割り直ただけで、見出しと景色が入れ替わるのです。

だから業界レポートの赤字率を見たら、まず「どの型式・どの作物を集計した数字か」を確かめる。これが最初の物差しです。

撤退ニュースは、その工場の将来性を測っていない

私が業界に入った頃、大手の撤退ニュースが流れるたびに現場がざわつきました。「やっぱりダメなのか」と。でも、撤退の中身を外から眺めてみると、「野菜が育たなかった」という技術の話はほとんど前に出てきません。出てくるのは、じわじわ重くなった電気代、思ったほど広がらなかった売り先、続かなかった人。止まるのは作る技術ではなく、運営が何年も回り続けるかどうかのほうです。

そうだとすると、撤退ニュースが出た今日の空気で「業界が終わった」と測るのは筋が違います。業界全体が伸びるか終わるか、目の前の一つの工場が続くかは、別の問いだからで

す。一件を外から見ると、足場になるのは、その工場が電力・資金・販路・人という四つをどう支えているか。電気をどこに、いくらで、何年契約で頼っているか。資金は補助金が切れた先まで絵が描けているか。売り先が一社に偏っていないか。人が入れ替わり続けているか。中身は覗けなくても、この輪郭なら外からでも数えられます。

ただし、これで「だから撤退する」と当てにいくのは無理です。同じ偏りは、黒字で静かに続いている工場にも普通にあります。外形が教えてくれるのは、せいぜい弱点の候補まで。当てるためではなく、脆さを先に見ておくために数えるのだとおいてください。

上場企業の黒字は、本業が稼いだ黒字

「植物工場ならこの会社」と、上場企業の名前を手がかりにすることもあるでしょう。決算が黒字なら、ひとまず安心して次へ——けれど、その黒字はどこが稼いだ黒字でしょうか。

植物工場をやっている上場企業のセグメント情報を並べてみると、ある形が何社にも共通して出てきます。植物工場の部分は赤字なのに、会社全体は黒字。本業が電機メーカーや鉄鋼や物流で、そちらでしっかり稼いでいて、植物工場は新規事業のように抱えている。つまり、見えているのは植物工場の事業性ではなく、本業の懐の深さのほうなのです。私自身、人工光型工場の運営側にいた頃、「この事業は本体に守られている」という空気を肌で感じることはありませんでした。本業が稼いでいる限り、赤字でも止める理由がない、という工場は確かにあります。

株価も同じです。「植物工場の銘柄が上昇」という見出しを見て業界の勢いと受け取りたくなりますが、買われているのは結局その本業のほう。植物工場への評価とは切り分けられません。会社全体の数字や株価で安心する前に、植物工場そのものが誰のどんな期待で抱えられているのか——そこを切り離して見られるかどうか物が物差しになります。

海外の成功は、施設ではなく立地が作っている

シンガポールやオランダの視察記事を読んで、「これを日本でやれば」と思いかけたことはないでしょうか。収量も多く、投資回収も早い。けれど数字を計画書に書き写そうとして、ふと手が止まる。電気代の前提が、そもそも違うからです。

先行ハブが伸びた理由は、施設の中というより、その国の側にあるように見えます。シンガポールは食料自給を安全保障に据えて補助を出し、需要を国策で作っている。オランダは天然ガスが安かった時期の温室文化が下敷きにあって、しかも欧州の巨大市場が陸続きで隣にある。安い電力・厚い補助・近くにある太い販路——こうした立地条件がいくつも重なって

いた場所が伸びているのであって、施設が飛び抜けて優秀だったわけではありません。日本は電力単価が構造的に高く、補助は単発で読めず、植物工場のレタスがずっと入る太い棚もない。同じ施設だけ建てても、同じ結果にはならないのです。

だから海外事例は、ランキングとして「どの国を真似るか」で読むのではなく、海外の前提と日本の前提を一つずつ並べて、その差を見る。移せる条件と移せない条件の境目を見る。これが四つめの物差しです。

数字は二段構えで使う

ここまで来ると、最初に見ていた「市場規模 億円」という総額は、もう見なくていいのか、という気がしてきます。でも、捨てる必要はありません。役割を変えればいい。

総額は「自分が勝てるか」を答える数字ではなく、「この市場にこれから人が増えるか」を読む数字です。売れ先や設備の値段は自分一人では決まらず、参入が増えれば動きます。しかも、その伸びが太陽光型の果菜で起きているのか、人工光型の葉物で起きているのかで、自分の現場が受ける影響はまるで違う。自分と同じ売り先を狙う作り手が増えたのなら、供給が増えて売値の下押しになります。だから総額は、規模感と参入の向き、つまり風向きを読む入口として残しておく。

順序としては、総額で大きな流れをつかみ、自分の工場のことは自分の区画の数字で決める——この二段構えです。業界の数字やニュースは、自分の答えそのものではなく、自分の答えを置く前提が今後どちらに振れるか、その方向を読むために使う。そう構えておけば、撤退ニュースにも市場規模にも、いちいち振り回されずに済みます。区画の数字をどう置き、売値や規模をどう見極めるか——その実際の手の動かし方は、『172のヒント』のほうで詳しく扱っています。

稼ぐ植物工場のリアル

数字の読み方で「自分の区画で決める」と言いました。では、その区画でちゃんと利益を出している工場は、何が違うのか。赤字の話ばかり見てきましたが、その同じ業界で、稼ぐ工場も確かにあります。ここを「あの会社みたいにやれば勝てる」という勝ちパターン探しにすると、たいてい足をすくわれます。稼ぐ工場のリアルは、もう少し地味で、もう少し正直なところにあります。

成功事例は「勝ちパターン」ではなく「条件の束」

同業の経営者から「うちはレタスで黒字化した」と聞くと、つい「どうやって?」とやり方を知りたくなります。その人は歩留まりや販路について具体的に語ってくれる。でも聞けば聞くほど、自分のところでそのまま真似できる気がしない。立地も違う、電気代の条件も違う。この「聞くほど再現できない気がする」という感覚は、いちばん正直な反応です。

植物工場の成功事例は、真似できる勝ちパターンではなく、立地・電源・販路・作物がたまたま噛み合ったときだけ動く「条件の束」です。だから一つでも条件が違えば、同じやり方をして結果は別物になります。語る側に悪気はありません。気候や用地に恵まれた立地だった、近くに安定して引き取る販路があった——そうした「揃っていた前提」は、本人にとって当たり前すぎて、成功談からはきれいに抜け落ちるものです。

この四つは、成功の条件を言い尽くした網羅枠ではありません。事例を「真似できるか・できないか」で分解するときの、最初のものさしです。立地・電源は最初に決まって動かせない条件、販路・作物はあとから組み替えられる条件。まずこの線で束をほどく。そして忘れてはいけないのが、もう一層あることです。条件が四つとも揃っていても、それを回す人が抜ければ品質は崩れます。成功も失敗も、同じ条件の束とそれを回す現場力を、別の側から見ているだけなのです。

失敗事例こそ、欠けた条件を教えてくれる

撤退した工場は、事例として集まってきません。表に出るのは黒字化した話ばかりで、消えた工場は「経営判断のミスだった」の一言で片付けられがちです。でも、この片付け方も、成功事例を丸ごと真似するのと根は同じです。成功談では「揃っていた前提」が抜け落ちる。失敗談では「欠けていた条件」が、経営判断のミスという一言にすり替わって隠れる。向きが逆なだけで、同じ落とし穴です。

電源コストが想定より高い土地だった、引き取り先が一つしかなくて値を下げてきた、その販路が求める品質を選んだ作物では安定して出せなかった——本当は立地・電源・販路・作物のどれかが最初から欠けていただけなのに、「社長の決断が甘かった」と人の能力の話にしてしまう。そうすると、自分は優秀だから大丈夫、という最悪の教訓だけが残ります。

ただし、反対に振りすぎてもいけません。条件は四つとも揃っていたのに、立ち上げを支えた人が抜けて歩留まりが落ちた、病害が一度入って棚の循環が止まった、という崩れ方もあります。これは「条件が欠けた」のではなく「束を回す側が崩れた」失敗です。だから失敗事例も、成功事例とまったく同じ読み方をします。四つのどれが欠けて倒れたのか。あるいは四つは揃っていたのに回す側が崩れたのか。手に入りにくいだけで、失敗事例は本当はい

ちばん学びの濃い教材です。

黒字の裏には、語られない前提がある

もう一つ厄介なのは、成功事例で語られる黒字や歩留まりという数字の裏に、表に出ない前提が隠れていることです。代表的なものを三つだけ挙げます。一つめは補助金の構成。売上で立っている黒字なのか、初期投資の何割かを補助金で賄った上での黒字なのか。二つめは人員密度。その黒字に社長や家族のただ働きに近い労力が乗っていて、人件費に計上されていないなら、人ひとりが抜けた瞬間に崩れます。三つめは販路の契約条件。「引き取ってくれている」が一年更新の口約束に近いものなら、販路という条件は見た目より遥かに脆い。

これらは、当事者に直接聞かないと埋まらない部分です。読み手にできるのは、外形（立地・規模・作物・補助金が使われたか）は事実として読み、中身は「これは推定だ」とラベルを貼って問いの形で残すこと。公開情報だけで勝因や敗因を言い切れると思った時点で、もう事例を読み違えています。そして同じ四つの欄は、自社の側にも引けます。事例の前提と自社の立地・電源・販路・作物を一段ずつ並べてみる。問いは「真似できるか」ではなく、「この前提を自社で再現できるか」という適用可否の判定に変わります。

「稼ぐ」の中身は、ここから先で深掘りする

ここまでが、稼ぐ工場を読むときの構えです。では実際に、自分の工場で稼ぐにはどこを動かすのか。その一歩ずつは、本書の入門の射程を超えます。ここでは考え方の入口だけを並べておきます——どれも本書では深入りせず、姉妹編『172のヒント』で一つずつ扱うテーマです。

- 採算は、川下より川上で決まる。植物工場の利益は、栽培そのものより設備・ノウハウを売る川上の層に流れやすい。
- 置く場所で採算が変わる。コンテナ型のように、立地と規模の前提ごと変える設備には向き不向きがある。
- 単年黒字と累積回収は、別物。ある年に黒字でも、初期投資をいつ回収し切るかはまったく別の話。
- 費用には、削れるものと削れないものがある。初期投資のどこを削ってよく、どこを削ると後で効くのか。
- 販路を、先に固める。作物から入るのではなく、安定して引き取る販路を先に決めて作物を逆算する。

- 都市型の強みは、近さではなく単価維持。都市の近くで作る価値は輸送距離の短さではなく、いくらで売り続けられるかにある。

稼ぐ工場のリアルを一言に畳むなら、設備の新しさでも規模でもなく、条件の束を読み切り、それを回す現場があるかどうかです。そしてそのどれを動かすかは、この入門で全体像をつかんだあと、ヒント集で一つずつ確かめてください。

露地栽培や施設園芸との決定的な違いとは？

ここまで採算の話が続けてきましたが、その採算がなぜこんな構造になるのかは、植物工場が他の農業と何が違うのかを見ると腑に落ちます。新人のうちは「同じ野菜を作るんだから、やることも似ているだろう」と思いがちです。でも、実際は根っこから違います。違いは大きく二つの軸で見ると整理しやすい——環境をどこまで自分で握るか、何を頼りに判断するかです。

環境制御：自然任せから、完全コントロールへ

一つ目の軸は、作物を育てる環境を誰が決めるかです。

- 露地栽培：雨・風・太陽光といった自然の力に頼る。広い土地が要り、土壌づくりや水やりの重労働もある。天候に左右されやすく、台風や干ばつのリスクと隣り合わせ。

- 施設園芸：ビニールハウスやガラス温室で、天候からある程度作物を守る。温度や湿度をある程度は調整できるので、露地よりは生産が安定する。その代わり、施設の建設・維持や燃料費がかかる。

- 植物工場：屋内の閉鎖空間で育てる。温度・湿度・光・CO2濃度などを人工的に制御し、生育に最適な環境を作り込む。天候に左右されず、年間を通して安定生産ができる。代わりに設備投資と電気代がかさみ、それを使いこなす知識が要る。

露地から施設園芸、植物工場へと進むにつれて、自然任せだった部分が、少しずつ人の手に移っていきます。植物工場はその行き着く先で、自然から借りるのではなく、環境そのものを人が作る。私が10年以上やってきたのは、この一番端の、温度も光も湿度も全部自分たちで決める世界です。露地や施設園芸を外から眺めると、同じ「環境を整える」でも、相手にしているものがまるで違うのがよくわかります。

仕事の質：勘と経験から、データに基づく判断へ

二つ目の軸は、日々の仕事を何で進めるかです。環境の握り方が変われば、現場で求められる力も変わります。

- 露地栽培：土づくりから収穫まで、長年の経験と勘がものを言う。重労働が多く、季節による繁忙期の波も大きい。
- 施設園芸：露地の経験に加えて、施設内の環境制御の技術が要る。温度管理・換気・灌水は、こまめな観察と調整の積み重ねになる。
- 植物工場：コンピューター制御による自動化が進み、露地ほどの土木的な重労働は少ない。ただし収穫・包装・定植などの手作業は多く残ります。中心になるのは、データで生育状況を読み、おかしな兆候を早めに見つけて手を打つこと。そのために分析力やITスキルが要り、生産計画から出荷までを見る視点も必要になる。

ここで誤解してほしくないのは、植物工場では勘がいらぬ、という話ではないことです。データが教えてくれるのは「何が起きたか」であって、「なぜそうなったか」「次にどう動くか」は、結局のところ現場で野菜を見てきた人間の判断です。最新のセンサーの数字を、現場の目で読み直せる人がいて初めて、安定した生産になる。露地や施設園芸とのいちばんの違いは、設備の有無そのものより、この「データと観察を行き来できる力」が日々の中心になることだと、私は思っています。

研究と現場の距離を理解する

「データと観察を行き来できる力」と言うと、では本や論文で勉強すれば身につくのか、と思うかもしれません。ここは少し注意が要ります。植物工場は、科学に近い仕事です。光、空調、養液、環境制御。どれを取っても、研究の積み重ねなしには成り立ちません。だから新人のうちは、専門書や論文を読んで勉強しようという気持ちになる。それ自体はいいことです。私も現場にいた頃、少しでも現場を良くするヒントを探して、栽培技術の本や論文をかなり読みました。

ただ、ここで一つ知っておいてほしいことがあります。論文に書いてある「最適」は、毎日何千株を出荷する現場の「最適」と、同じではないということです。

書かれている栽培方法を実際に試そうとすると、うまく当てはまらないことが多い。理由は大きく三つあります。

一つ目は、コストの視点が抜けていること。「この条件で収量が20%上がった」と書いてあっても、その条件を商業施設で再現するのにいくらかかるのかは、たいてい書かれていません。

二つ目は、規模の違い。研究室で数株から数十株を相手にした実験と、何千株を管理する現場とでは、前提がまるで違います。小さく試してうまくいった方法が、スケールを上げた途端に通用しなくなることは珍しくありません。

三つ目は、環境の違い。研究室は温度・湿度・光を精密に揃えられますが、現場では空調の能力に限界があり、棚の位置によって環境にムラが出て、季節ごとに外気の影響も受けます。紙の上の「最適条件」は、現実の工場ではなかなか再現できないのです。

これは研究者が悪いという話ではありません。論文は「学術的に新しいか」で評価される世界で、「現場で使えるか」は評価の対象に入っていないことがほとんどです。だから、科学的には価値があるのに現場では使いにくい、という研究がどうしても生まれる。構造の問題です。

では、勉強しても無駄かということ、そうではありません。距離があると分かったうえで読めばいい。研究は、そのまま持ち込めば失敗し、無視すれば取り残される。正しい付き合い方は、その間にあります。読んで、自分の現場で小さく試して、確かに効くものだけを手元に残す。一冊読んですぐ現場が変わることはまずありません。年単位で試行錯誤して、ようやく「これは効く」と言えるものが残っていきます。私が今も語れることのほとんどは、そうやって現場で練り上げてきたものです。

新人のうちは、まず「読んだことが現場でそのまま使えるとは限らない」と知っておくだけで十分です。読み解いて、試して、自分のものにする。この力が、長い目で見て現場の差になっていきます。

植物工場管理者の3つの役割

ここまで見てきた採算も、研究との距離も、最後はそれを束ねて現場を回す人がいて初めて形になります。その役割を、最後に整理しておきましょう。植物工場の管理者に求められる役割は、大きく3つに分かれます。「安定した品質を守ること」「チームをまとめること」「収益を確保すること」。まずはこの3つを土台に、自分がこの先どんな仕事を背負うのかを掴んでください。

1. 安定生産と品質を守る

植物工場では、温度、湿度、光、CO2濃度など、あらゆる環境要素を人の手で管理します。これらは互いに影響し合うため、一つを変えれば他にも波及します。その複雑な環境の中で、安定した品質の野菜を毎日出荷し続けること。これが管理者の最も基本的な役割です。

立ち上げたばかりの工場では、何よりこれが偉い仕事でした。「とにかく枯らさず育てる」人が頼られる。ただ、私が見てきた人工光型・葉物の現場でいうと、枯らさず育てる技術は道具立てがだいぶ揃ってきて、昔ほど属人芸に頼らなくても採れるようになってきています。だからこの役割は、土台として常に走り続けますが、工場が回り出すと、管理者の重心は少しずつ次の役割へ移っていきます。

2. チームをまとめる

植物工場は、一人では回りません。日々の作業の大半は、現場スタッフの手で動いています。スタッフ一人ひとりの能力を引き出し、日々の仕事を回していくのが管理者の仕事です。環境制御や栽培の知識をスタッフに伝え、自分で判断できる人を増やしていくことも含まれます。

人が増えてくると、この役割が一気に重くなります。自分で育てるより、「人がどう育つか」を整える側に回らざるを得ない。私が立ち上げに関わった大規模な工場では、現場の人員が100名規模になり、品質の良し悪しを全員でそろえて判断できる形にすること自体が、大きな課題になりました。誰か一人の勘ではなく、現場に散らばったコツを束ねて、辞めても残る形にしておく。経験を勘のまま抱えていた人ほど、それを言葉にして渡せるかどうかで詰まります。

3. 収益を確保する

生産計画を立て、コストを管理し、販売戦略を練る。市場のニーズを読み、新しい挑戦を続ける。植物工場は、夢や理想だけでは続きません。収益を確保できなければ、現場も続きません。

ここで正直に言っておきたいことがあります。損益の大きさそのものを決めているのは、たいてい管理者の手の外にあります。どれくらいの規模で作れるか、どれだけ採れるか、いくらで売れるか、どこに売れるか——この四つで、採算のおおよそは決まってしまう。電気代のような単価も、設備の入れ替えも、管理者の一存ではいきません。では無力かということ、そうでもなく、外で決まった枠の中で、日々の運転の組み方で動かせる部分があります。捨てる量を減らし、規格を満たして正規の値で売れる割合を上げ、作業者の練度を上げる。設備をいじらなくても、損益の見え方はそこで変わってきます。どの値をどこまで詰めるか、どこに売るか、いつ投資するかといった一歩踏み込んだ判断は、後の章と『172のヒント』に譲りますが、入口として「外で決まる分」と「運転で動かせる分」を分けて見る目だけは、ここで持っておいてください。

役割の重心は、工場の段階で動く

この3つは並列のリストというより、工場の段階によって、どれが一番重いかが入れ替わりま
す。立ち上げ期は「安定して育てきる」ことが偉く、軌道に乗ると「採算をどう詰めるか」
に重心が移り、人が増えると「現場の知識をどう引き継ぐか」へと寄っていく。同じ肩書き
なのに、背負う中身がだんだん入れ替わっていくのです。これは本人の成長というより、工
場の側が次の問題を出してきて、応じる中身が変わる、という順番に近い。

ただし、動くのは「重点」であって、放っていい役割ができるわけではありません。安定生
産も、チームづくりも、収益も、どの段階でも止まらず走り続けます。とくに衛生は、一度
病害虫が出ると工場全体に広がりかねないので、増やさない・広げないための予防が常に要
ります。

新人のあなたに掴んでおいてほしいのは、この時間軸です。今この瞬間に求められるスキル
は、その工場が今いる段階のスナップショットでしかありません。自分の経験や持ち味を「
今の役割」だけで測らず、「数年後にどの役割が重くなるか」で読んでおく。そう見ておけ
ば、この先どんな役割を負うことになっても、面食らわずに済むはずです。

1章のまとめ

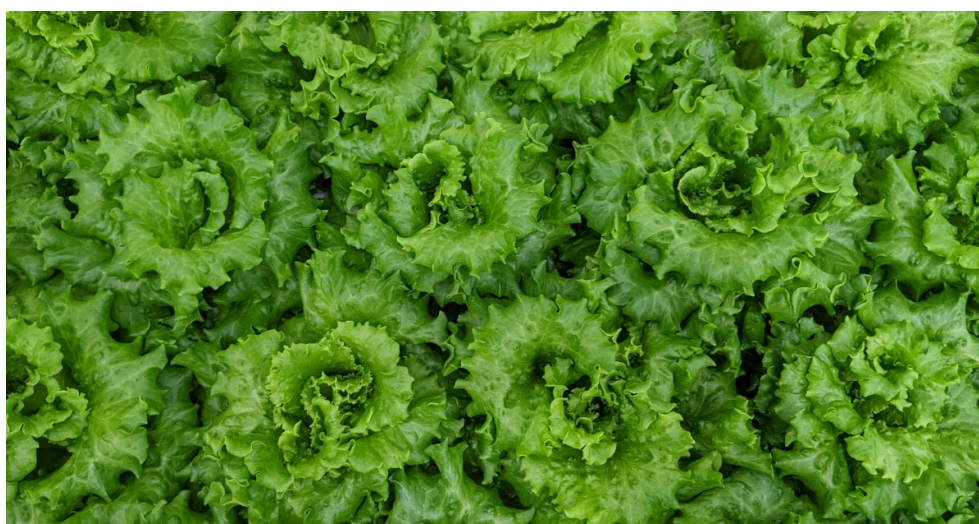
- 植物工場は「太陽光利用型」と「完全人工光型」で別物。本書が扱うのは完全人工光型・
葉物の世界
- 食料安全保障への不安を背景に、いま改めて注目されている。ただし採算の景色は、ど
こで誰が見るかで変わる
- 赤字は符号でなく傾きで見ると。採算を動かすのは電力・販路・現場力の三つで、課題に
は「天井の層」と「到達率の層」がある
- 業界の数字やニュースは「業界」を語っていても「自分の区画」は語らない。型式・作
物で割り直し、前提の向きを読むために使う
- 稼ぐ工場は勝ちパターンではなく「条件の束」。設備の新しさや規模より、束を読み切っ
て回す現場があるかどうか
- 植物工場は従来の農業と根が違い、「データと観察を行き来する力」が日々の中心にな
る
- 管理者の役割は「安定生産」「チームづくり」「収益の確保」の3つで、その重心は工
場の段階で動く
- 収益に直結する一歩踏み込んだ判断は、後の章と『172のヒント』へ

次章では、現場に必要な栽培技術の基礎を見ていきます。

2章 栽培管理の基礎知識

前章では、植物工場とはどういう仕組みで、何ができて何が難しいのか、その全体像を見てきました。ここからは一歩進んで、実際に野菜を育てるための知識に入っていきます。作物を選び、光をあて、水と空気と栄養を整え、トラブルに気づいて手を打つ——現場で毎日やっていることを、順番に見ていきましょう。一つひとつは別々の話に見えても、現場ではすべてがつながっています。それを頭の隅に置きながら、まずは「何を作るか」から始めます。

植物工場に最適な作物選びのポイントは？



植物工場は環境を人工的に制御できるので、理論上はどんな作物でも育てられます。けれど、現場で実際に利益を出そうとすると、選べる作物はぐっと絞られてきます。そして私がいくつもの工場を見てきていちばん不思議だったのは、同じレタスを作っている、片方の工場は黒字で、もう片方は赤字、ということが珍しくない点でした。利益が残るかどうかを最後に決めているのは、野菜の名前そのものではないのです。

「儲かる野菜」は品目では決まらない

「植物工場 儲かる野菜」で調べると、レタスがいい、いやイチゴだ、メロンだ、というランキングがいくらでも出てきます。読んでいるうちに、どこかに正解が転がっている気がしてきます。ところが、その正解が自分のところでも通るとはかぎりません。同じレタスでも、売り先や回し方が違えば、利益は出たり消えたりするからです。

私自身、レタスで何度もこういう場面を見てきました。直売所に出すぶんには手堅く回っていたのに、同じものを業務用に卸そうとすると単価が一気に下がって、忙しいだけで手元に

残らない。逆に、少量しか作れないハーブを飲食店に直接持っていくと、意外と利益が出る。こうして並べてみると、儲かるのは品目そのものではなく「どこに売るか」とセットなのだと思います。

ですから、儲かる野菜は固定のリストというより、販路の単価・回転日数・栽培の難しさ、この三つの掛け算で見たほうが当たります。レタスがまさにそうでした。直売所なら単価が高く取れるので、回転の速さがそのまま利益になる。業務用に流すと単価が下がり、回転だけ残って、手元に利益が残らない。同じ設備でも、売り先が単価と回転を決め、そこに栽培の手間が重なる。だから問いは「どの野菜か」ではなく「自分の販路で、単価×回転が栽培の手間に見合うのはどれか」になります。

実際、植物工場で採算が成り立つのは、葉物・ハーブを中心に、果菜は条件しだいで、という限られた範囲にほぼ絞られています。米や小麦やトウモロコシのような主食は、世界の食料エネルギーのおよそ6割を占める基幹作物であるにもかかわらず、いまのコストと技術ではそもそも採算ラインに乗る見込みがない、と報告されています。何が儲かるかは作物に固定された性質ではなく、その作物が単価と回転の取れる売り先を持てるかどうか引きずられている、ということです。

レタスが多いのは「破綻しにくい」から

実際の植物工場を見回すと、その多くがレタス中心です。葉物のなかでもレタスばかりで、果菜にはあまり手を出しません。これは「レタスがいちばん儲かる」からではなく、レタスが工場という形式といちばん相性がいいからです。ここで効いているのは、さきほどの式のうち「栽培の難しさ」のほうです。

レタスは生育期間が短くて回転が速く、背が低くて段積みしやすく、光や養液の管理も確立されています。つまり閉じた環境で、再現性高く、計画どおりに回せる。果菜はそうはいきません。トマトやイチゴは受粉や着果のコントロールが要り、栽培期間が長く、背も高い。同じ床面積と光熱費で、栽培の手間がはるかに重くなります。

難しさには、もう一つ私が現場で強く感じてきた側面があります。レタスは、温度や養液濃度の管理が多少乱れても、壊滅的な不作にはなりにくい。生育ムラも比較的少なく、出荷できる品質に乗せるまでの習得コストが、ほかの作物より低いのです。これが効いてくるのは、植物工場に参入してくる顔ぶれを思い浮かべたときです。私が立ち上げに関わってきた現場でも、異業種からの新規参入がとて多かったです。植物の生理を体で知っているわけではない人たちが、大きな設備投資を抱えて入ってくる。そういう立場からすると、まず「失敗でき

ない」が先に立ちます。多少手が乱れても壊滅しない、習得コストの低いレタスを最初に選ぶのは、儲けの最大化というより、破綻を避けるためのごく自然な判断でした。

ですから、レタス中心という風景は「儲かる答え」ではなく「工場の形式で破綻しにくい解」が選ばれた結果です。逆に言えば、果菜の難しさを管理できる作り手や、果菜だからこそ立つ販路を持つ人にとっては、その横並びの外側にこそ余地が残っています。新人がまずレタスから入るのには、こうした理由があると思っておいってください。

米・小麦・根菜が並ばない理由——面積×日数÷単価

逆に、なぜ米や小麦、大根や人参を植物工場で見かけないのか。育てられないからではありません。技術的には、根菜も穀物も工場で育ちます。それでも市場にほぼ並ばない。理由は、栽培できるかどうかとは別のところにあります。

植物工場のコストは、その大半が面積と時間に効きます。照明も空調も、棚の面積を一定期間ふさいだぶんだけ課金される家賃のようなもので、「その面積を何日占有して、いくらの収穫物が出るか」が効いてくる。レタスは背が低く、軽く、30～40日ほどで一回りします。根菜は太るのに何ヶ月もかかり、重さや体積のわりに単価が安い。ニンジンなら、種まきから収穫まで70～120日ほど見ておく必要があります。同じ面積を、片や1か月、片や3～4か月ふさぐ。これだけで「面積あたり日あたりいくら稼ぐか」がどれだけ開くか、見当がつきます。だから根菜は、技術が追いつかないのではなく、表計算の段階で静かに落とされているのです。

穀物になると、これがいちばん極端に出ます。米・小麦・トウモロコシは単価が安く、栽培期間が長く、背が高くて段も積みにくい。工場と相性のいい条件を、三つとも逆にしています。象徴的な試算があって、スウェーデンの垂直農場で小麦を作る最良条件のケースでも、電気代だけで1トンあたり4万ドル相当——当時の世界の小麦価格のおよそ100倍にのぼる、と見積もられています。栽培技術の問題ではなく、割り算の段階で勝負が終わっている、ということです。「そのうち技術が安くしてくれる」と待ちたくなりますが、作るほど安くなるという業界全体の改善は、データの上ではほとんど見えていません。

根菜にはもう一つ、採算より手前の壁があります。ニンジンやダイコンは地中深くまっすぐ太い根を伸ばすのに、いまの植物工場で主流の設備は葉物向けで、薄い栽培パネルと循環式の養液でできている。培地の深さも支持力も足りず、根域が液で満たされると酸素も不足がちです。新しいラインを設計する立場なら、まず採算の割り算で根菜が落ちるので設備の議論まで進みませんが、すでに葉物向けの設備を持っていて「空いた棚で根菜も」と考える

立場なら、採算以前に根が設備に収まらない。どちらの壁が先に来るかは、自分がどの地点に立っているかで変わります。私の現場での結論を率直に言えば、根菜は土で育てるのが合理的、という当たり前のところに落ち着きます。

例外はあるが、条件を満たしたときだけ

ここまで「向かない」と書いてきたものにも、例外はあります。ただし例外は、ある条件を満たしたから通っただけで、その条件ごと自分の作物に移せるとはかぎりません。

一つの方法は、回転で稼ぐ例外です。マイクログリーン（野菜の幼葉）は、種まきから収穫まで7～14日と極端に速い。レタスが30～40日かかるのと比べると、同じ面積で年に何回転もできます。グラム単価も高く取りやすく、栄養素を強化した機能性食材として差別化しようとする動きも出てきています。これから新設するなら、品目として検討する価値は十分あります。ただし、既存のレタス用の工場にそのまま乗せるのは簡単ではありません。10段にもなる棚での収穫の動線は、培地ごと取り出すにせよ作業員が上段で切るにせよ、レタスとはまったく別物だからです。本格的にやるなら、専用の搬送・収穫の設備を建設段階から考えておくのが現実的です。

もう一つは、単価で稼ぐ例外です。面積あたり日あたりの単価さえ高ければ、回転の遅い作物でも棚に乗ることがあります。薬用人参のような極端に高く売れる根菜や、わさびがそうです。わさびは単価が高く、希少で、海外でも人気がある——名前を書き出すところまでは正しい。けれど、ここで注意がいります。わさびの高い単価は、わさびという作物そのものに付いているのではなく、「この産地の、この人が、この品質で、安定して納めてくれる」という買い手との関係に付いている、というのが私の見立てです。料亭や寿司屋のような高く買ってくれる相手ほど、すでに決まった仕入れ先を持っていて、どこの誰かわからない新しい作り手には簡単に切り替えません。だから新規参入者がわさびを作れた時点で手にしているのは、高単価の理由のうち作物の部分だけで、肝心の関係はゼロから作ることになりません。しかも高く買う口ほど量を吸収しないので、「単価×想定出荷量」で年商を弾く計算は、たいてい外れます。作れることと、事業として回ることは、別の話なのです。

米も同じで、「無理」がどこでも一律なわけではありません。電気がやたら安い土地、近くに高く買ってくれる相手、医薬品原料のように普通の何倍もの値段で売れる出口——この三つがどこまで揃うかで、見え方が変わります。海外で米の工場栽培が成功したという事例は、たいてい水が乏しく電力が安い、日本とはむしろ逆の立地が前提です。技術の話に見えて、本当は立地の話だった、ということが少なくありません。

まず自分の販路から並べる

では、何から手をつけるか。品目からではありません。ランキングや成功事例は参考にはなりますが、そのまま設計図にはできない。世に流れる情報は「うまくいった話」に偏っていて、撤退した工場のデータはほとんど残らないからです。実際、日本の人工光型植物工場のかなりの割合が、十年ほどのあいだに入れ替わってきたとも言われます。表に出る成功の裏に、語られない撤退がそれなりにある、という構図です。

ですから、最初に紙に書くのは栽培計画ではなく、一行の割り算でかまいません。棚の同じ面積を基準にして「想定売価 ÷ 占有日数」を出し、レタスを基準に置いて、候補を同じ条件で同じ表に並べる。そこに回転日数・栽培の難しさ・歩留まり、そして販路を維持する手間まで書き込んで、面積あたりの年間利益で見比べる。これが最初の一手です。置き方としては、回転が速くて読みやすい葉物を中心に据え、果菜や高単価のニッチは二次で検討する。果菜やわさびは単価の余地こそあるものの、条件が揃って初めて立つ話なので、まず葉物で土台の数字を固めてから乗せるのが現実的です。

新しい作物の話は面白く、できることも年々増えています。けれどそれは、採算という入口を通った作物の中で生きる話で、入口の前に置くと回り道になる。何が向いて何が向かないかは、品目のランキングではなく、この「販路の単価 × 回転 × 難しさ」と「面積あたり日あたりいくら」で見る——その目だけ持っておけば、次に新しい作物が現れても、慌てずに一枚目の紙から始められます。

なお、ここから先——どの売り先にどの作物が採算で乗るか、高単価の出口をどう取りに行くか、果菜への転換は投資に見合うか——は、収益設計そのものに踏み込む話になります。本書では考え方の入口までにとどめ、踏み込んだ判断は『172のヒント』に譲ります。

作る野菜が決まったら、次はそれをどう育てるかです。植物工場野菜を育てる三本柱は、光と水と空気——まずは、植物工場のいちばん象徴的な設備である光から見ていきます。

LED照明の活用



植物工場でも最も象徴的な設備が、ズラリと並んだLED照明です。従来の農業では太陽光に頼るしかありませんでしたが、植物工場ではLEDで生育に最適な光環境を人工的に作れます。

LED照明が植物工場にもたらす3つのメリット

1. 省エネ効果でコスト削減

電気代は、植物工場にとって無視できないコストです。LED照明は省エネ性に優れているため、相応の電気代削減が期待できます。

2. 長寿命でメンテナンスの手間も軽減

蛍光灯は定期交換が必要で、その度に費用と手間がかかります。LEDは寿命が大幅に長く、交換頻度を減らせます。大量の照明を使う植物工場では、このコスト差は大きいです。

3. 植物に合わせて光の色を選べる

植物は種類や生育段階によって、必要な光の波長（色）が異なります。LEDは赤色、青色、白色など、さまざまな波長の製品があり、栽培する作物に合わせて選べます。従来の植物工場では赤色光と青色光を組み合わせたLED照明が主流でしたが、近年では太陽光に近い白色LEDも普及しています。

設置や運用の工夫

LEDの効果を引き出すには、設置方法や照射時間など、細かな工夫も重要です。

- 多段栽培：限られたスペースを有効活用するため、栽培棚を何段にも重ねる「多段栽培」が一般的。

- 照射角度と距離：LEDの照射角度や植物との距離を調整することで、光合成効率を高められる。
- 照射時間：植物は、光合成を行う「明期」と呼吸や養分の転流を行う「暗期」を繰り返して成長する。

「明るいほど得」とは限らない

LEDの話をする、つい「光は強いほどよく育つ」と思いがちです。新人の頃の私もそうでした。ラックの一段を思いきって明るくすると、たしかに収穫量は増えます。重さも見た目もよくなる。「やっぱり明るくして正解だった」と思える——月末に電気代の伝票を見るまでは。光を1.5倍にしたのに、収量は1.5倍までっていない。増えた売上から増えた電気代を引くと、手元に残るのはむしろ前より薄い。そんな月が出てきます。私自身、人工光型のレタス水耕で、強めに振って手取りがかえって薄くなる場面を何度も見てきました。

ここで知っておきたいのが、光の量を表すPPFDという言葉です。葉に届く光の粒の量、とおっておけば十分です。このPPFDと収量の関係が、比例ではないのが肝心なところ。弱いところから上げ始めると最初はぐんぐん伸びますが、上げれば上げるほど、さらに明るくして増える分はだんだん減っていきます。一方の電気代は、光をほぼまっすぐ追いかけて増える。だから、増える売上は「だんだん鈍る」のに、増える電気代は「まっすぐ伸びる」。どこかで、足した光の見返りより電気代のほうが重くなる点が来ます。そこが、光を強くする止めどころです。

やっかいなのは、その止めどころが一つの数字に決まらないことです。電気が安い時期はその強めのままで十分プラスに見えるのに、単価が上がってくると同じ設定が急に重くなる。同じ棚・同じ品種・同じ光なのに、月によって「これは正解」「これはやりすぎ」が入れ替わる。だから、最適なPPFDを一つの数字で覚えて貼り付けておく、という付き合い方はうまくいきません。光は、電気代しだいで止めどころが動くもの——そう捉えておくのが、新人のうちに身につけておきたい感覚です。

最適なPPFDを電力単価で引き直す動的な管理や、機種を発光効率で選ぶ判断まで踏み込むと、これは収益に直結する深い話になります。その見極め方は「『植物工場の収益性を高める172のヒント』」で詳しく扱っています。

光

LEDは、光をつくるための道具にすぎません。植物にとって本当に大事なものは、その道具がどんな光を、どれだけの強さで、どれだけの時間あてているか——つまり光そのものの中身です。前の節で機械の話をしたので、ここでは少し下がって、植物が光をどう受け取っているかの基礎を押さえておきます。難しい話ではありません。光には「強さ」「色」「時間」という三つの目盛りがあって、その三つの掛け算で一日の光の量が決まる、とっておけば十分です。

強さ——強ければいいわけではない

まず強さです。光は植物の生育に欠かせませんが、強ければ強いほど育つ、という単純なものではありません。ある程度を超えると光合成の伸びは頭打ちになり、さらに強くすると今度は葉が傷んで、かえってマイナスに振れていきます。電気で光を買い直している人工光型では、必要以上に強くあてた分の電気代がそのまま無駄になるという問題もあります。

ですから基本は、育てる作物が欲しがる強さに合わせてLEDを選ぶことです。実をならせる果菜類は強い光を欲しがりますが、レタスのような葉物はそこまで強い光を必要としません。背が低く、弱めの光でも育つ。植物工場で葉物が好まれる理由の一つが、ここにもあります。

色——植物には使い道のある波長がある

次に色です。光は波長によって色が変わり、植物は色ごとに違う使い方をしていきます。

ざっくり言うと、赤い光（おおよそ600～700nm）は光合成に最もよく効く光で、成長を後押しします。青い光（400～500nm）も光合成に使われ、葉を厚くし、茎をしっかり太らせる方向に働きます。緑の光（500～600nm）は光合成への効きは小さいとされますが、葉の奥まで届きやすく、植物の形づくりに関わっていると言われます。だから昔の植物工場は赤と青だけのいかにも「植物工場らしい」紫色の光が主流でしたが、近年は緑を含んだものや、太陽光に近い白色のLEDも増えてきました。

私もいろいろな種類のLEDを使ってきましたが、赤と青だけのタイプより、緑を足したものや白色に近いタイプのほうが、生育の見え方がいいと感じています。葉の色つやや姿が素直に出る、という肌感覚です。どの色をどう配合するのがその作物にとって得か、という見極めはコストにも直結する深い話なので、ここでは「色には使い道の違いがある」という入口だけ置いておきます。

時間——明るくする時間と、暗くする時間

三つ目は時間です。植物は一日じゅう光をあて続けられればいいわけではありません。光をあてる「明期」と、光を切る「暗期」を繰り返して育ちます。明期に光合成で養分をつくり、暗期にその養分を体の各所へ送って成長にあてている——昼に稼いで夜に整える、という呼吸のリズムがあるわけです。一日のうち何時間あてるか、というこの設計を光周期と呼びます。人工光型では、太陽と違って明るくする時間をこちらで自由に決められます。これは強力な利点ですが、同時に「決めなければならない」ということでもあります。長くあてれば光合成の時間は稼げますが、電気代はかさみ、暗期が短すぎると植物の調子を崩すこともある。どこに置くのが作物にとって、そして採算にとって得かという判断が出てきます。その最適点の見極めまで踏み込むと収益設計の話になるので、本書では「明るくする時間と暗くする時間の両方が要る」という基礎だけにとどめます。

一日の光の量——三つを掛け合わせたDLI

最後に、この三つをつなぐ考え方を一つだけ。強さと時間を掛け合わせると、その作物が一日に受け取った光の総量が出ます。これをDLI（一日の積算光量）と呼びます。

難しく考える必要はありません。弱い光でも長い時間あてれば総量は増えるし、強い光でも短時間なら総量は伸びない。植物が一日にどれだけ光を受け取ったかは、瞬間の明るさだけでも、点けていた時間だけでも決まらず、その掛け算で決まる——という当たり前の話です。現場で「光を強くしたのに思ったほど育たない」「逆に点灯時間を削ってもそれほど落ちなかった」といったことが起きるのは、私たちがつい強さだけを見て、一日の総量で見ていないからだったりします。強さ・色・時間の三つを別々の目盛りとして持ち、最後に一日の総量で眺める。光の基礎としては、まずこの見方を手元に置いておけば十分です。

光が植物の上で完結する話だとすれば、次は植物の足元、根が浸かっている水の話です。植物工場では、その水が栽培の土台そのものになります。

水耕栽培システム



照明と並んで、植物工場の特徴といえば水耕栽培です。土を使わず、根を水と養分にじかにつけて育てる。これが速く均一に育てられる理由でもあり、現場で毎日いちばん気をつかうところでもあります。

なぜ植物工場で水耕栽培なのか

土を使わないことの効きどころは、いくつかあります。土壌がいらないので、都市部でも土地条件の厳しい場所でも立地を選びません。根が常に水と養分に触れているので生育が速く、回転が上がります。土を介した病害虫のリスクも下げられますし、毎日の水やりにも追われることもなく、養液の濃度と量を管理すれば自動で供給できます。

ひとつだけ、よく誤解されるところを先に。「水耕は根腐れしにくい」とよく言われますが、これは条件つきです。水のなかの溶存酸素（DO）が十分に保たれているあいだは、根は新鮮な酸素を取り込めて元気です。けれども酸素が足りなくなれば、水耕でも根腐れは起きます。特に水温が上がると、その水に溶けていられる酸素は減ります。だから「水につけているから安心」ではなく、「酸素が足りているから安心」なのだと、頭の隅に置いておいてください。

NFTとDFT——薄く流すか、深く溜めるか

植物工場によく使われるのは、NFTとDFTの二つです。

NFT（薄膜水耕）は、傾斜をつけた栽培ベッドに植物を固定し、ポンプで養液を薄く流し続ける方式です。流れているぶん酸素が触れやすく、使う養液の量も少なくて済みます。そのかわり、水の量が少ないので外の影響を受けやすく、水温も変わりやすい。

DFT（深液水耕）は、水槽のような栽培槽に養液をたっぷり溜め、そこに植物を浮かべる方式です。水量が多いぶん温度変化に強く、安定して育てやすい。そのかわり設備は大きくなり、底のほうは酸素が抜けやすいという癖があります。

どちらも、ポンプで養液を回しながら使う「循環式」の仲間です。このほかに、根を深い水にどっぷり浸けるDWC（深水）は、水を溜めるという点でほぼDFTの仲間として見て構いません。根に霧を吹く噴霧式は、根が空気にさらされるぶん酸素はいちばん豊富ですが、水を溜めていないので止まったときに最も速く乾きます。止まった瞬間に気づける備えをかなり手厚く組める現場の、限定向きです。

どちらが優れているか、ではない

新しく組むとき、あるいは組み替えるとき、たいてい最初にぶつかるのが「NFTか、DFTか」です。比較表を調べると、項目ごとにどちらかに丸がついていて、合計するとだいたい引き分けになる。何日も足踏みしてしまう人を、私は何人も見てきました。

ここははっきり言っておきます。方式そのものに絶対の優劣はありません。レタスを何年も見てきて、収量や品質がぶれた原因をたどると、ほぼ毎回「方式」ではなく「その日の水の状態」のほうでした。NFTで根腐れが出るのは方式のせいではなく、流れが落ちて根の先が乾いたとき。DFTで弱るのも方式のせいではなく、水温が上がって酸素が抜けたとき。どちらを選んでも、結局その後の水の管理しだいなのです。

では方式はどう決めるのか。これは素直で構いません。手元の制約で決まります。停電や故障で何分か耐えたい、その安心料として水量が欲しければDFT寄り。棚の段数を増やして軽く作りたい、配管も単純にしたいならNFT寄り。規模と、自分が許せるリスクの幅で、ほとんど自動的に決まる範囲です。何日も悩むほどの分岐ではありません。悩む時間は、選んだあとの水の管理に回したほうが、ずっと採れ高に効きます。

可逆か、不可逆か——水耕で本当に効く線引き

NFTとDFTの違いを、ひとつの軸でつかんでおくと、その後の管理がぐっと楽になります。それが「可逆か、不可逆か」です。

ずれても、気づいて手を入れれば帯に戻せて、根が持ち直す——こういう可逆なものは、運用で受ける側です。DFTの底の酸素が薄くなってきた、水温が上がってきた、というのは、毎日見て、外れたら引き戻せばいい。人と記録の仕事です。

一方、NFTで流れが止まって根の先が乾いてしまうと、あの乾きは戻りません。一度やられた先端は、水を戻しても元には返らない。これは不可逆です。毎日の目視だけでは塞ぎきれないので、止まったことを機械に検知させて通知を飛ばし、非常電源やバックアップのポンプで、止まること自体を先に潰しておく。設備と備えの側で消す領域です。

線引きはこうなります。可逆なものは運用で受ける。不可逆なものは運用に背負わせず、設備と備えで先に消しておく。じわじわ来る可逆は人が見て、急に来る不可逆は機械と備えで止める、というわけです。

ひとつ補っておくと、可逆か不可逆かは方式に貼りついたラベルではありません。NFTでも止まったら即わかる仕組みがあれば、あの速さは怖くない。DFTでも夏の高水温や淀みを放置すれば、たっぷりの水が今度は冷めない温水に変わって根が腐る——水量があるという強みが、見ないでいると裏返るのです。だから「DFTは水量があるから安全」とは言い切れません。境目を動かしているのは方式の属性ではなく、「ずれの幅と、どれだけ放置したか」のほうなのです。

この「選んだあと、毎日どこをどう見るか」——流量・水温・溶存酸素をどの順で見て、どこで大丈夫とまずいを線引きするか——は、採れ高を本当に分けるところです。そこは『植物工場の収益性を高める172のヒント』で具体的に詰めています。

水のことが見えてくると、その水と切っても切れないのが、根のまわりや葉のまわりを満たしている空気です。温度・湿度・CO₂、そしてそれらを運ぶ風——ここからは、植物を取り巻く空気の話に移ります。

温度管理

温度管理は、植物工場の成功を大きく左右する最重要項目の一つです。

植物には、生育に適した温度帯があります。そこを外れると、成長が遅くなる、葉色が悪くなる、ひどい場合には枯れる、といった形で生育に響きます。果菜類では形の悪い果実ができることもありますし、体力が落ちれば病害虫への抵抗力も弱まります。

作物別の適温

植物工場は外気の影響を受けにくく、温度を一定に保てます。作物別の目安はこのくらいです。

- レタスなどの葉物野菜：比較的涼しい環境を好み、15～25 くらい

- トマトなどの果菜類：暖かい環境を好み、20～30 くらい
- バジルなどのハーブ類：20～25 くらい。ただし高温を好むものや低温に強いものもある

栽培する野菜の種類と生育段階に合わせた温度管理が、安定生産の基本です。

管理しているのは空気、植物が応じるのは葉

ここで一つ、現場で詰まったときに効いてくる区別を入れておきます。私たちが設定して管理しているのは、栽培室の「空気の温度」です。けれど植物が実際に応じているのは、「葉の温度」のほうです。

普段はこの二つはだいたい一致するので、区別しなくても回ります。ところが、設定はきちんと守っているのに棚によって生育が揃わない、というときに、この区別が顔を出します。たとえば同じラックの上段と下段で生育に差が出る。最初は風の当たり方がLEDとの距離を疑うはずですが、もう一つ、上段は照明の熱がこもりやすい、という事情があります。LEDは省エネと言われていても、消費電力のうちかなりの割合は熱として出ていきます。だから設定は25 でも、照明に近い上段の葉そのものの温度は、空気より高くなっていることがある。

なぜ葉の温度のほうが効くのか。光合成も呼吸も酵素の反応で、その速さを決めているのは空気ではなく葉そのものの温度だからです。同じ「25 設定」でも、上段の葉が実際に27 なら、その葉にとっての温度はもう25 ではありません。設定は揃っているのに生育が揃わない——それは、空気をそろえても葉がそろっていない、という形でよく起きます。

空調が直接動かせるのは空気のほうですから、空気を「入力」、葉を「結果」として両方を見る、という二段構えになります。放射温度計を上段と下段の葉に当てて、空気の設定値と何 ずれているかを実測してみると、自分の棚の癖が数字で見えてきます。ちなみにこのズレは、光が強い昼に大きく、照明が消えた夜には小さくなります。

夜温を下げるのは「締める」ため

植物工場ではLED照明で昼夜を人工的に作れるので、温度差を使って生育を調整できます。ここでの「昼」は照明点灯中（明期）、「夜」は消灯中（暗期）を指し、この明期と暗期の温度差を「DIF」と呼びます。

夜は照明が消えているので、葉の温度と空気の温度はほぼ一致します。昼のように光源の熱で葉だけが持ち上がることはないからです。問題は、その夜温を「夜は涼しくするもの」く

らいの感覚で下げていて、下げる理由のほうはしっくりきていない、という状態です。

理屈を「夜は何をしている時間か」から考えると腹落ちします。昼は光を受けて光合成で糖を作り、夜は光がないので新しく糖は作れず、昼に貯めた糖を使って呼吸をしている。この呼吸は温度が高いほど速く進むので、夜を冷やせば夜のあいだの糖の消耗そのものは抑えられます。

ここで一つ気をつけたいのは、「消耗を抑える = そのぶん残って育つ」と素直に結びつけないことです。実際には、冷やせば冷やすほど育つわけではありません。葉物では、暖かいほうが（ある範囲までは）むしろよく育つ、という向きに出ます。では夜温を下げる意味は何かということ、増収のためというより、徒長を抑えて株を締める、という品質側の調整です。夜温を下げきらないと茎が間延びしやすく、姿が崩れる。だから夜温は「育ちの量」を稼ぐレバーというより、「育ち方の締まり」を整えるレバーだと考えるほうが、現場の感覚に合います。

そして下げれば下げるほどいい、ともなりません。下げすぎると徒長は止まりますが、生育のテンポも鈍る側に入っていく。夜温は「締める」と「ちゃんと育てる」のあいだのバランスで決まります。レタスなら夜18 あたりが、その折り合いの一例です。

設定の判断基準は、最終的に作物の状態

真夏は温度が高くなりがちで、空調の電力も重くのしかかります。設定を1 でも上げて負担を軽くしたい、でも生育に何が起きるか言い切れず触れない——これは夏の現場でよくある足踏みです。実は、その1 は昼に上げるか夜に上げるかで効く向きがまるで違いますし、温度ムラを崩すのも結局は風の仕事になります。このあたりの能動的な操作の判断は、それだけで一つのテーマになるので、ここでは「空気と葉は別」「夜温は締めるため」という考え方の入口までにとどめます。

栽培室内の温度を考えると、設定値の判断基準は、最終的に「作物の状態」です。設定値の正解表をなぞるのではなく、葉の温度と空気のズレ、昼夜の差、葉や根の様子を自分の現場で見て、合っているかどうかを読む。温度を設定する私たちには、植物の状態を正しく把握する観察力が求められます。昼夜1 をどう動かすか、ズレや昼夜差をどう判定するかといった踏み込んだ操作の話は、「植物工場の収益性を高める172のヒント」で扱っています。

温度と切り離せないのが、空気がどれだけ水を抱えているか——湿度です。同じ温度でも、湿度しだいで葉の調子はまるで変わってきます。

湿度管理

温度と並んで管理が欠かせないのが湿度です。植物は「蒸散」といって葉から水を出して、その流れに乗せて根から吸った水と養分を体じゅうに配っています。湿度は、この蒸散に直接効いてきます。

湿度計の60%は、温度しだいで中身が変わる

人工光型の工場では、室温はだいたい一定に保って、水耕から上がってくる湿気をずっと除湿で抑える、という運用が多いと思います。湿度は「60%を目標に」のようにレンジで見ても、湿度計がそのあたりに収まっていれば、まあ大丈夫だろう、と。

ただ、こんな経験はないでしょうか。同じ「60%」でも、日によって株の様子がどこか違う。葉のハリが、いい日とそうでもない日がある。湿度計の数字は変わっていないのに、です。

これは、たぶん気のせいではありません。湿度計の「60%」というのは、その温度のときに空気がどれだけ水を抱えられるかに対して、いま何割埋まっているか、という割合です。割合なので、温度が動くと、同じ60%でも空気の「まだ吸える余力」そのものが変わる。暖かい空気はたくさん抱えられるので、60%でもまだ吸う余地が大きい。室温が下がると、満タンの量自体が小さくなって、同じ60%でも吸う余地は少ない。

葉から見ると、この「空気がまだ吸える余地」が、水を蒸散として出せる引っぱり具合そのものです。これが VPD（飽差）と呼ばれているもの。室温が高めの日に株の調子がよく見えたとのは、空気の引きが効いて蒸散が回り、その流れに乗って養分が葉先まで届いていたから。「60%なのに今日はもったりするな」という日は、室温が下がって引きが弱まり、出したいのに出しきれずに葉のなかが渋滞ぎみだった——そう見ると、だいたい辻褄が合います。

つまり、湿度計を見ていたつもりで、本当に効いていたのは、その裏で温度と組んで決まっていた「引き具合」のほうでした。相対湿度の%は結果のひとつの断面で、株が感じている連続的な軸とは別物なんです。

除湿と室温は、一本の引きを別の側から動かしている

ここまで来ると、ひとつ見方が変わります。「室温は一定、湿度は60%」と二つを別々のつまみとして管理してきたけれど、株から見れば、除湿と室温は別々の二つではなくて、同じ一本の軸——あの引き具合——を違う側から動かしているだけなんです。湿度を下げても、温度を上げても、空気の「まだ吸える余地」は広がる。葉から見たら、どちらの操作でも引きが強まる方向に動く。

ただし、交換可能というわけではありません。温度のほうは、引きだけでなく株の代謝そのもの——伸びる速さや呼吸——まで一緒に動かしてしまう。除湿のほうは、そこを比較的いじらずに引きだけを触れる。同じ軸に効くけれど、巻き込む範囲が違うわけです。だから狙いが引き具合の一点なら、ふだんは余計なものを連れてこない除湿で合わせにあって、温度は最後の幅として残しておく——そういう順番になります。

ひとつ正直に線を引いておくと、私が体で確かめたのは人工光型の葉物の範囲だけです。除湿と温度がこの一本の軸に効く、という大枠はそこで腑に落ちているものの、具体的にどのVPDで回すのが一番いいかは品目や生育段階で変わってくるはずで、そこは私が言い切れるところではありません。

VPDは、いまある二つの計器で読める

引き具合という軸が見えてくると、「では新しい計器がいるのか」と思うかもしれません。結論から言うと、いりません。VPDは温度と湿度から決まる量なので、壁にかかっている温度計と湿度計の二つがあれば、もう手が届きます。早見表で引いても換算式で計算しても、出てくる値は同じ。新しい機械というより、いま持っている二つの数字を「割合」ではなく「引き」として読み直すだけ、という性格のものです。

足りないとすれば、計器ではなく「どこの」引きか、というほうです。壁の温度計と湿度計は、たいてい部屋の真ん中の空気を測っています。でも、引きは株が——葉っぱが感じている話でした。株がぎっしり並んで葉が茂ってくると、その茂みの中は外と空気感が違う。手を入れるとちょっとこもっている。同じ室内に、引きの強い場所と弱い場所が同居している。部屋の一点は、その平均を見ているだけなんです。

なぜ湿度管理が重要か——閉鎖空間ならではの落とし穴

人工光型の工場は外気の影響を受けにくい反面、閉鎖空間なので湿気がこもりやすい。引きを弱める側、つまり湿度が高すぎる側には、いくつか歯止めがあります。

まず結露。空気が抱えきれなくなった水が、冷えた壁や設備、葉の上に水滴として出てきます。結露した場所はカビの住処になりやすく、葉に水滴が付けば病原菌も繁殖しやすい。電気系統のショートや金属の腐食にもつながります。菌そのものはどこにでもいて、ゼロにはできません。だから狙いは「入れない」ことではなく、結露やこもりで増やさない・広げないこと。風通しの悪い密植や、室温の急変で結露しやすい状態を作らない、というところに尽きます。

それと、湿度が高すぎる側は、株がひょろ長く間延びする徒長の入り口にもなります（徒長はこの章の後半で扱います）。逆に引きが強すぎる側にも別の落とし穴があって、それが次のチップバーンの話です。

チップバーンとの切り分け——同じ「先枯れ」でも原因は逆

湿度がらみで現場が最初に出くわすトラブルというと、葉先がチリチリに枯れるチップバーンでしょう。しかも、古い葉ではなく、いちばん元気に伸びている新しい葉の先がやられる。引きの話を読まると、ここで切り分けが必要になります。チップバーンは、引きが弱くても強くても出るからです。だから症状の見た目だけでは、どちら側からやられたのか見分けが付きません。

正体は、要は葉先までカルシウムが届かないこと。カルシウムは蒸散の流れに乗って運ばれて、一度届いた先からは動かない居つきの養分です。だから、いちばん遠くていちばん欲しがっている新しい葉先で、まっ先に欠けが出る。元気な葉ほどやられる不思議は、需要がいちばん大きいからです。

そのうえで、二つの側は裏表に分かれます。

- 引きが弱い側（茂みの奥のこもった場所）——流れそのものが起きないから運べない。出口が閉じた渋滞です。

- 引きが強すぎる側（風が当たって乾きがちで、ぐんぐん伸びている時期）——葉全体は水を出しているのに、伸びるスピードのほうが速く、先っぽまで流れが行き渡る前に本体側で使い切ってしまう。流れはあるのに末端が置いていかれる、いわば配り負けです。

届かない結果は同じでも、詰まっているのか、配り負けているのか、で原因は逆。だから当たりをつけるときは、症状そのものより「どこで出たか」と「そのとき引きはどちら向きだったか」を併せて見ます。空気のコモる奥の列で全体にもったりしている日に出るなら弱い側を、風の当たる場所でぐんぐん伸びている時期に出るなら強い側を疑う、という具合です。

なお、配り方の問題なので、養液のカルシウムをただ濃くしても内側の若い葉までは届きにくい、というのは押さえておいてください。総量より、届ける流れのほうが効きます。チップバーンそのものの込み入った対策は、この章の後半であらためて扱います。

機械を足さずに、明日できる一手

ここまで読んで、新しい機械を入れずに明日できる最初の一手があるとしたら、私なら、いちばん引きが弱そうな場所に手を入れてみることから始めます。

道具はいりません。茂みがいちばん茂って、空気がこもっていきそうな奥まった列に手を入れてみる。外と比べてもったりこもっているか、それともちゃんと空気が動いているか。それだけで、自分の部屋のどこに「弱い場所」があるかが肌でわかります。壁の数字は部屋の平均しか教えてくれないので、その平均から取り残されている場所を、まず手で見つけにいく。あわせて、いまの温度と湿度から VPD を一度出してみると、「自分はいまどのあたりで運転しているのか」が数字でも見えてきます。

見つかったら、次は風です。新しい機械を入れなくても、いま回っているファンの向きや並べ方を少し変えて、その奥に空気を通せないか試してみる。こもりが取れば、いちばん弱い場所の引きが部屋の平均に近づいて、ムラが小さくなる。

ちなみに、夏になると「除湿の電気代を下げられないか」と問われる場面が必ず来ます。除湿を緩めるのは引きを弱める側に振ること。部屋全体を一律に緩めると、まっ先に音を上げるのは平均値ではなく、いちばん弱い奥の列です。だから「何割落とすか」の前に、まずムラを削って弱い場所の天井を上げておく——緩める判断は、そのあとで遅くありません。このあたりの見極め、つまり最適な引きの幅やコストとの兼ね合いは、踏み込むと一冊分の話になります。考え方の続きは「植物工場の収益性を高める172のヒント」に譲ります。

最後にひとつ。私が体で確かめてきたのは人工光型の葉物の範囲だけで、今日の話もその手ざわりの中での見立てです。品目や設備が変われば、弱い場所の出方も風の効き方も変わってくるはず。だからこの一手も、答えというより、ご自身の現場を疑ってみる最初のとっかかりとして受け取ってもらえたらと思います。

温度と湿度の次に、空気そのものの中身——植物が光合成の材料にしているCO₂に目を向けます。ここでも効いてくるのは「どれだけあるか」だけでなく「葉まで届いているか」です。

CO₂の利用



植物は光合成で空気中のCO₂を吸収し、糖などの栄養分を作って成長します。通常の空気中のCO₂濃度は約400ppmですが、植物工場ではこれを高めてやることで光合成が促進され、生育が早まります。室内濃度の目安としては、最終的に1,000ppm前後まで高めるのが一般的です（この「1,000ppm」は目標とする最終濃度で、増やす量ではありません）。

濃度を高めると、おおむね次のような効果が期待できます。

- 光や温度が足りていれば、成長スピードが上がり、収穫までの期間を短縮できる
- その条件がそろえば、同じ面積あたりの収穫量も増やせる
- 光合成が活発になり、株がしっかり育つ

濃度を高める方法

CO₂濃度を高める作業を「CO₂施用」と呼びます。供給のしかたには主に3つあります。

1. 炭酸ガスボンベ：比較的小規模な施設に向く。安価に導入できるが、ボンベの交換作業と保管スペースが必要
2. 液体炭酸ガス：中～大規模施設向け。大量に供給できるが、導入コストがかかる
3. 燃焼式CO₂発生装置：灯油や都市ガスを燃焼させてCO₂を作る。ランニングコストは比較的安いですが、CO₂と同時に熱・水蒸気・燃焼ガスも出るため、閉鎖型の人工光施設では排熱・湿度上昇・燃焼ガスの処理が要る（温室とは適用条件が違います）

どの方式を選ぶかは、規模・予算・栽培作物で変わります。ただ、装置の選び方は後で述べる「届くかどうか」が前提になっている話で、どの方式を選んでも、葉のまわりに運べていなければ効きは同じように損なわれます。方式ごとの費用比較や選定の判断は、考え方の枠だけ押さえて、172のヒントで詰めれば足ります。

濃度そのものの管理は、CO₂センサーと制御装置を組み合わせるのが一般的です。センサーが室内濃度をリアルタイムで測り、制御装置がその値をもとに供給量を自動で加減します。

メーターは1,000なのに、奥の列だけ伸びない

ここからが、現場でいちばん引っかかる場所です。

CO₂は「1,000ppmに保つ」、空調は「設定値を守る」というふうに、別の担当・別のメーターで回している現場が多いものです。ところが、メーターは1,000を指しているのに、同じ部屋の中で奥の列だけ伸びが鈍る、ということが起こります。最初は光合成が頭打ちになったのかと思うのですが、よく見ると、吹き出し口に近い列はそうでもなく、空気の動かない奥の列だけが鈍っている。こうなると、これはCO₂の量の問題というより、空気が動いているか動いていないかの話です。

なぜそうなるのか。光合成をしている葉は、表面のすぐ近くのCO₂を吸い、そこに薄い膜のような層をつくりまします。これを「葉面境界層」と呼びます。ここの空気が動かないと、吸われた分が補充されず、葉の周りだけ濃度が薄いままになる。葉の周りの濃度は、結局「葉が吸った分を、空気がどれだけ運び直してくれるか」の引き算で決まるのです。だから部屋のメーターが1,000ppmを指していても、奥の無風帯の葉の表面では、それより低い量しか得られていないことがあります。心当たりはないでしょうか。

完全人工光型の葉物で、光がLEDで一定なら、列ごとの伸びの差を「光が足りない」では説明できません。メーターの数字は、部屋のどこか一点の値であって、奥の列の葉の周りと同じとは限らない。問題は「葉のまわりに実際どれだけ届いているか」なのに、一点のメーターとCO₂施用機・空調をそれぞれ別々に見ている限り、その差は見えてこないのです。

濃度と気流は、別の問題

ここで押さえておきたいのは、CO₂の濃度と気流は、別の問題だということです。

施用機をいくら増やして部屋全体を1,200、1,300ppmにしても、葉の周りに動きがなければ境界層は薄いままで、奥の列はやはり鈍いまま。逆に、吹き出しに近い列は弱い気流でも空気が入れ替わるので、同じ1,000ppmでもちゃんと届いています。つまり、どれだけ届くかは送り込む量ではなく、施用の方式や気流の作り方で決まる。量を足す前に、まず「運んでいるか」を疑うのです。

しかも、CO₂は足せばいくらでも効くわけでもありません。光合成が使えるCO₂には上限があり、光や温度が一定の人工光型では、ある濃度から上は足しても収量の増分が小さくなっていきます。ここで取り違えやすいのが、「飽和して頭打ちになった」状態と、「奥に運べていなくて頭打ちに見える」状態です。本当は運搬が詰まっているだけなのに、飽和したと思いついて施用機を増やしたりポンベ濃度を上げたりすると、月末には「CO₂代は増えたの

に収量は変わらない」という数字だけが残ります。これがいちばんお金を捨てるパターンです。

切り分けのとっかかりは、難しくありません。細く切った軽い紙やティッシュを棒の先につけ、葉の高さでかざしてみる。手前でははためき、奥では垂れたまま動かない、というだけで「ここは運べていない」ことは目に見えます。そのうえで、奥が無風だと分かった現場では、高いCO₂を足すより先に、奥の淀みに風の向きを変える、あるいは小さな循環ファンを足すほうが効くことがあります。風の起こし方そのものは、このあと「空調と風の管理」で扱います。

CO₂は、光・水・温度と並ぶ植物工場の基本要素の一つです。どれだけ光や温度を整えても、CO₂がなければ植物は育ちません。ただ、施用で大事なのは「部屋の濃度をいくつにするか」だけではなく、「その分が、奥の葉まで運んでいるか」のほうだ、ということは覚えておいてください。最適な濃度の見極めや、方式ごとの費用と回収の判断といった一歩踏み込んだところは、『植物工場の収益性を高める172のヒント』で詳しく扱っています。

CO₂のところで何度も出てきた「葉まで運んでいるか」——その運び役が風です。温度も湿度もCO₂も、結局は空気の流れに乗って葉に届きます。ここで、それらをまとめて運ぶ風そのものを見ておきます。

空調と風の管理

温度、湿度、CO₂と見てきましたが、これらは別々の設備で別々に管理しているようでいて、実は一本でつながっています。その一本というのが、空気の流れ、つまり風です。植物工場は外気の影響を受けにくい反面、閉鎖空間ゆえに空気が滞りやすく、放っておくと淀みが生まれます。温度・湿度・CO₂をどれだけ整えても、その空気が葉のところまで動いていなければ意味がない。風は、それらをまとめて葉に届ける運び役です。

風が果たしている役割

風には、大きく次の役割があります。

- CO₂を葉まで届ける：室内のメーターが1000ppmを指していても、それは部屋のどこか一点の値です。空気が動かない場所では、葉が吸った分が補充されず、葉のまわりだけ薄くなります。施用量を増やすより、まず空気を動かすほうが効く局面があります。
- 温湿度のムラをならす：照明や空調の影響で、場所によって温度・湿度に差が出ます。特に多段ラックの上段と下段では温度差が出やすく、風はこれをならします。

- 葉の表面の空気を入れ替える：葉の表面には「葉面境界層」という薄い空気の層があり、ここが動かないとCO2や水分の出入りが滞ります。風はこの層を動かして、出入りを助けます。
- 湿気をためない：湿度が上がりやすい閉鎖空間では、葉のまわりにこもった水蒸気を運び出すのも風の仕事です。菌は常にいるものなので、入口をふさぐより、こもらせない・広げないことが効きます。

風は「総量」より「配り方」

風を起こすには、主に「送風機」と「空調設備の送風機能」を使います。送風機はスポット的に、空調は工場全体に風を回す、という役割分担です。

ここで覚えておきたいのは、風は強くすればいいのではないということ。奥に届けようと風量を上げると、今度は手前の葉が乾きすぎたり、ストレスを受けたりします。風量という一つのつまみで全部つながっているのだから、奥を立てると手前が立たない。本当に効くのは、総量を上げることより「配り方」のほうです。たとえば、空気が淀みやすい奥や棚の隙間にだけ小さな循環ファンを足して、薄くなっている一点だけを動かす。これなら全体の風量を上げずに済みます。

配り方の基本も、難しいものではありません。

- 送風機は向かい合わせに置かず、施設全体で同じ方向に風が一巡りするようになる（流れが相殺し合うと淀みが残る）
- 風が回り込みにくいコーナーは淀みの常連なので、重点的に当てる
- ラックの段ごとの温度差をならしたいなら上下方向、広い栽培ベッドを均一にしたいなら水平方向、と向きを使い分ける
- 風は葉に直接当て続けられない。植物の上や横から流す（直射を続けると葉が傷む）

淀みは温湿度で見つける

空調と風の管理は、基本を押さえればシンプルです。空気が滞っているエリアは、温度や湿度を測れば見えてきます。同じ部屋でも奥の列だけ温度が高い、湿度が高い、というところが淀みです。軽い紙を棒の先に貼って葉の高さでかざせば、手前ははためき奥は垂れたまま、と無風が目で見えます。ムラを見つけたら、送風の当て方を調整して直していく。これで多くは足りません。

ただ、棚の組み方や部屋の形のせいでファンを足しても風が回らない、というところまで来ると、気流そのものを計算で設計し直す領域に入ります。そこは大きな投資判断にもなるので、考え方の入口だけ押さえておき、踏み込んだ設計は「植物工場の収益性を高める172のヒント」で扱います。

光と水と空気が整ったら、最後の要素が栄養です。水耕では、植物が必要とする栄養をすべて、人の手で水に溶かして与えます。まずはその元になる肥料そのものの扱いから見ていきます。

肥料の扱い

水耕栽培では、肥料を水に溶かして養液をつくります。この節では、その肥料そのものをどう扱うかを見ていきます。養液をどう測り、どう更新するかは次節に譲り、ここでは「何を、どう配合するか」に絞ります。

植物工場で求められる肥料の条件

植物工場で使う肥料を選ぶときの前提は、次の三つです。

- 水溶性：水耕栽培では、肥料は水に溶けた状態で植物に届く。水によく溶け、吸収されやすいこと
- 純度：不純物の少ない高純度の肥料を使うと、養液の成分バランスが安定し、生育障害のリスクが減る
- 速効性：短期間で収穫することを目指すので、植物がすぐ吸える速効性が向く

単肥と配合肥料

肥料には「単肥」と「配合肥料」の二種類があります。単肥は、窒素・リン酸・カリウムといった特定の栄養素だけを含む肥料。配合肥料は、必要な栄養素をあらかじめ混ぜ合わせた肥料です。

配合肥料を使うメリット

- 手軽：必要なものが配合済みで、準備や管理の手間が省ける
- 目的に合わせた製品：葉物用、果菜用など、作物や生育段階に合わせた製品がある

単肥を使うメリット

- ピンポイントに補給：養液分析の結果をもとに、不足している栄養素だけを補える

- オリジナル配合：複数の単肥を組み合わせ、独自の配合をつくれる

どちらを使うかは栽培方針によります。ただ、始めたばかりでどれを使えばいいかわからない段階では、まず配合肥料から入るのがおすすめです。単肥配合は、回し始めてから意味が出てきます。

「安いから単肥」とは限らない

単肥に手を出す動機は、たいてい「市販の配合肥料より安くしたい」です。原料の単価そのものは確かに下がりやすい。けれどその代わりに、調合の工数、測定の手間、何種類も抱える在庫、使いきれずに出る廃棄が、肥料代と引き換えに乗ってきます。少量でたまにしか作らないなら、配合肥料の手軽さが勝つこともあります。安いかどうかは規模と運用しだいで、肥料代だけ見ても勝負はつきません。

単肥の本当の値打ちは、安さよりも、作物やステージに合わせて中身を動かせる自由度のほうにあります。配合肥料では一塊で決まっている中身を、イオン単位でいじれる。この自由度が要るかどうか、単肥に進むかどうかの分かれ目です。

ECが合っている、中身は合っているとは限らない

ここで一つ、現場で誤解されやすいことを置いておきます。

養液の濃さはEC（電気伝導率）で測りますが、ECは溶けているイオン全体の総量しか見ていません。合計が同じでも、その内訳まではEC計に映りません。窒素が多くてカリウムが少なくても、その逆でも、メーターには同じ数字が出ます。

これが効いてくるのが、養液を使い回す循環方式です。作物はイオンを均等には吸わないので、固定の配合のまま循環させると、ECは保っているのに特定のイオンだけが静かに減っていく、ということが起こります。とくに塩化物や鉄・マンガンといった微量元素は、ECの動きに乗らないまま先に枯れていきやすい。「ECは合っているのに、なぜか生育が振るわない」というとき、この内訳の偏りが裏にすることがあります。だから、ECに映りにくく減りやすいイオンを一つ二つに絞って、ときどき個別に確かめておく——これだけでも、EC一本では気づけない目減りに早く手が届きます。

AB液を分けるのは、カルシウムとリン酸・硫酸のため

配合肥料でも単肥でも、濃縮原液を二つのタンク（A液・B液）に分けて作るタイプがあります。これがなぜ要るのか、理由を取り違えないことです。

分けるのは、カルシウムと「リン酸・硫酸」を、濃いまま出会わせないためです。カルシウムはリン酸や硫酸と高濃度で居合わせると沈殿をつくります。底に溜まる白いものの正体は、たいていこのリン酸カルシウムです。だから硝酸カルシウムを片方のタンクに、リン酸系・硫酸系をもう片方にまとめ、原液どうしを直接混ぜない。希釈してしまえば濃度が下がるので、最終的な養液の中ではカルシウムとリン酸・硫酸は問題なく共存します。沈殿が怖いのは、あくまで濃い原液の中だけの話です。

なお、よく「カルシウムとマグネシウムを分ける」と言われますが、分けるべきはカルシウムとリン酸・硫酸のほうです。そして沈殿は水温が高いほど出やすくなる（リン酸カルシウムは温まるとかえって溶けにくい）ので、夏場の原液づくりはとくに気をつけます。

配合は「目標ECから」ではなく「イオンから」

では肝心の配合量はどう決めるのか。

慣れないうちは、前年と同じくらいのECになるよう配合表の量を入れ、ECメーターで合わせて完了、としがちです。けれど先に見たとおり、ECは内訳を見ていません。本来の筋は逆で、各イオンの目標濃度を先に決め、そこから単肥の量を逆算する。ECは最初に合わせに行く目標ではなく、最後に「ずれていないか」を確かめる道具、という順番です。

このとき、重さではなくイオンの反応性で揃えるのがコツで、ここに mEq/L（ミリ当量パーリットル）という単位が出てきます。一価のカリウムと二価のカルシウムでは、同じ重さでも反応性が倍ほど違うからです。とはいえ、これを毎回手計算するのは現場では現実的ではありません。実際にはスプレッドシートや施肥設計ツールで計算します。

肥料の配合は、植物工場の重要な仕事の一つです。経験とデータの両方が要り、いずれ自分の配合スキルとして身につけていきます。参考までに、私が現場経験をもとに作った無料の施肥設計シート「SimpleFert」も用意しています。必要な情報を入れるだけで配合量を計算できます。

mEq/Lでの具体的な逆算手順——どの単肥から埋めていくか、連れて入ってくるイオンをどう差し引くか、生育ステージや水温に合わせてどう動かすか——は、配合設計の中身に踏み込む話なので、「172のヒント」のほうにまとめています。ここではまず、「配合表は暗記する固定値ではなく、前提が崩れたら組み直す設計図だ」という構えだけ持っておいてください。

肥料を水に溶かせば養液になります。その養液を日々どう測り、どう保つか——ここが水耕の毎日の中心仕事です。

養液管理



肥料を水に溶かして作るのが養液です。植物工場では、この養液が植物の生育を左右する生命線になります。前の節で肥料そのものの選び方を見ましたが、ここではそれを溶かした養液を、日々どう管理していくかの話です。

養液に含まれる栄養素

水耕栽培では、土壌の代わりに水と肥料を混ぜた養液を使います。養液に含まれる主な栄養素は次の通りです。

- 窒素 (N) : 葉や茎の成長を促進し、タンパク質や葉緑素の合成に不可欠。不足すると葉が黄色くなる
- リン酸 (P) : 根の発達や花、果実の形成を促進し、エネルギー代謝に関与。不足すると根の発育が悪くなる
- カリウム (K) : 光合成を促進し、病気への抵抗力を高める。細胞内の水分調節にも関与。不足すると葉の縁が枯れる
- カルシウム (Ca) : 細胞壁を強くし、生育を安定させる。不足すると新葉が変形したり、果実の先端が腐る
- マグネシウム (Mg) : 葉緑素の構成成分で光合成に不可欠。不足すると葉脈間が黄色くなる
- 硫黄 (S) : タンパク質の構成成分で酵素の活性化にも関与。不足すると葉が全体的に黄色くなる

これらは多量元素と呼ばれ、どれが欠けても植物は育ちません。ほかに微量元素と呼ばれる栄養素も、量は少ないながら重要です。

養液管理の基本：ECとpH

養液管理で特に重要な指標が「EC」と「pH」の2つです。まずはこの2つを押さえます。

EC（電気伝導率）

ECは「Electrical Conductivity（電気伝導率）」の略で、電気の流れやすさを表します。肥料が水に溶けると電気が流れやすくなるため、ECを見ることで、養液に溶けている肥料の濃度が間接的にわかります。

- ECが高い：養液が濃い
- ECが低い：養液が薄い

ECが高すぎると植物は水を吸い上げられなくなり、枯れる危険があります。逆に低すぎれば肥料不足で生育が止まります。植物の種類と生育段階に合わせて適切なEC濃度に調整することが、養液管理の出発点です。

pH（水素イオン濃度）

pHは養液の酸性・アルカリ性の度合いを示します。多くの作物が最も効率よく養分を吸えるのは、弱酸性のpH 5.5～6.5のあたりです。この範囲を外れると、次のような問題が起こります。

- 栄養吸収の阻害：養液中の栄養素が吸収されにくくなる
- 生育障害：根の発育が悪くなったり、葉の色が悪くなる
- 微量元素の吸収不足：鉄やマンガンなどが吸収されにくくなり、生育不良につながる

pHは栄養素の溶けやすさそのものを左右するので、まずはこのレンジに収めるのが基本です。ただし、pHは根がイオンを吸うほど勝手に動いていきます。一度合わせれば済む数値ではなく、作物や培地によっても動く幅があるので、毎日見ていく対象だと思っておいてください。

養液を作る

養液を作るには、水と肥料を適切な比率で混ぜ合わせます。

1. 水の準備：水道水、井戸水、ろ過水などが使われますが、水道水のケースが多いです。アンモニア態窒素を含む肥料を使う場合は、汲み置きやチオ硫酸ナトリウムなどで残留塩素を除去します
2. 肥料の準備：配合肥料を使う場合は、製品の指示に従って適切な量を水に溶か

します。循環式システムなら、最終養液の約100倍濃度の濃縮原液（ストック溶液）を用意し、注入器や自動供給装置で希釈しながら最終養液にする方法が効率的です（「100倍希釈液」ではなく、希釈前の100倍濃縮液）3. 混合：水に肥料を少しずつ溶かしながら、よくかき混ぜます。カルシウムはリン酸・硫酸と高濃度の原液中で沈殿を起こすため、濃縮原液のタンクをAとBの2つに分けて作るタイプがあります（希釈後の最終養液ではカルシウムとリン酸・硫酸は共存します）4. ECとpHの調整：ECメーターとpHメーターで測定し、必要であれば調整します。EC値は目標より低ければ肥料を追加、高ければ水を加えて薄める。pH値は低ければpHアップ剤、高ければpHダウン剤を少量ずつ加えます

養液を管理する

栽培中、養液は常に一定の状態ではありません。日々の管理は次の流れになります。

1. 測定：最低でも1日に1回はEC値とpH値を測定します（頻度を落とすと変化の把握が遅れます）。測定のタイミングを毎日同じ時間に揃えると、日々の変化を比較しやすくなります。大規模な環境では人力測定に限界があります 2. 記録：測定値は必ず記録します。変化を把握でき、問題発生時の原因究明にも役立ちます。ノートでも表計算ソフトでもかまいません 3. 調整：目標値から外れている場合は調整します。pHは一気に大量に入れると肥料成分が沈殿することがあるので、少量ずつ加えます 4. 養液更新：しばらく栽培を続けると、肥料成分のバランスが崩れたり、不要な成分が溜まったりします。定期的に養液を入れ替える「養液更新」を行います。頻度は作物や季節によりますが、一般に2～3ヶ月に1回が目安です。生育の早い葉菜類は消費が速いぶん頻度を上げ、夏場は微生物が活発になって劣化が早まるので前倒しします

「原因はわからないけど、なんとなく生育が良くないな」という事態はよくあります。経験を積むと原因の予想はつきますが、初心者のうちはそのもいきません。そんな時は、一か八か養液更新を試してみるのも手です。困った時にこの選択ができるのも、水耕栽培の強みの一つです

5. 観察：EC値やpH値だけでなく、植物の状態もよく観察します。葉の色や形、生育状況に変化があれば、養液に問題があるかもしれません

衛生管理の考え方

養液タンクや配管は、定期的に清掃します。藻やゴミが溜まると病原菌が繁殖しやすくなるからです。

ただ、衛生というと「菌をどこから入れないか」という入口の話に寄りがちですが、現場の感覚は少し違います。菌はそもそもゼロにはできず、どこにでもいるものです。だから大事なのは、菌を「増やさない」とことと「広げない」とこと。藻にしても同じで、気にする方は多いのですが、どうしても発生するものです。見た目は悪くて汚いものの、ゼロを目指すより、増えすぎないように管理する、という姿勢で問題ありません。殺菌に頼って叩き続けるより、養液がよどまず正常に循環している状態を保つほうが、結局は安定します。

合わせるだけでは足りない——DOと内訳のずれ

ここまでが養液管理の基本です。毎朝メーターを当てて、ECもpHも目標どおり。日報の数字はきれいに揃っている。それでも、なんだか調子が悪い。心当たりはないでしょうか。

合わせるだけでほぼ足りる現場も多いのですが、合わせても説明のつかない不調が出るとき、見落としがちなポイントが2つあります。1つは溶存酸素（DO）、もう1つは養分の「内訳」のずれです。

溶存酸素（DO）は合わせる数値ではなく見張る数値

ECとpHを並べて管理していても、見ているのはたいていこの2つで、DOは後回しになりがちです。やっかいなのは、トラブルがいつもの顔で来ないことです。ECもpHも目標どおりなのに、なんだか調子が悪い。後から振り返ると、その時期は決まって水温が上がっていたり、根が増えて密になっていたたりして、たぶんDOが落ちていた——という形で来ます。

ECとpHは、根が養分を実際に取り込めて初めて意味を持つ数値です。その取り込みは根の呼吸で回っていて、呼吸には酸素がいる。だからDOが落ちると、ECとpHをどれだけ目標どおりに合わせても、根の側で使い切れなくなります。盤面は整っているのに手が動かない、という状態です。

しかもDOは、ECやpHのように毎日目標へ寄せにいく数値ではありません。水温・根量・流量・エアレーションといった条件から、結果として出てくる数値です。動かす手立て——曝気の方式や水温の調節——も、たいていは設備の側で決まっています、現場で日々ひねれるツマミではありません。だからDOに対してできるのは、値そのものを操作するというより、下がってきていないかを確認、悪化に向かう傾きを早めに読むことです。目標値を一つ決めて毎日寄せにいく対象ではなく、一定の水準を割っていないかを見張る対象だと考えてください。

私が人工光型の葉物で回してきた範囲では、溶存酸素は5 mg/Lを割らせないこと、できれば8 mg/L前後を保つことを安全側の目安にしてきました。ただしこれはどこでも当てはま

る絶対の閾値ではなく、下限の目安です。高ければ高いほど効くというより、ここを割らせないために置く線だと思ってください。記録するときは、DOの絶対値を一点で残すより、水温とDOをセットで残すのがいいです。水温が上がると水に溶ける酸素の上限自体が下がるので、同じDOでも水温が高いときの低下は余力がありません。

ひとつ覚えておきたいのは、トラブルの時期にECとpHが目標どおりに見えていた、という事実のほうです。あれは「だから養液は問題ない」の根拠にはなりません。むしろ逆で、DOが抜けて取り込みが鈍ると、消費されないぶんECとpHは安定して見えてしまう。きれいに収まっている数値が、実は使われていないことの裏返しだった——その可能性があります。

ECは総量しか語らない

DOと並んで見落としやすいのが、EC自体の性質です。ECは、全体の濃さをひとまとめにした数字です。硝酸・カリウム・カルシウム・マグネシウムといった別々のイオンの濃さを、全部足し算して一つの導電率にしている。だから合計が目標どおりでも、中身の比率まで合っているとはかぎりません。

しかもその内訳は、放っておいても勝手にずれていきます。根はイオンを均等に吸うわけではなく、生育ステージや品目によって、よく吸うものと吸い残すものが出るからです。たとえばカリウムをよく吸う時期なら、補給液で同じECまで戻しても、減ったカリウムを足して総量を合わせているうちに、吸われずに残ったほかのイオンがじわじわ溜まっていく。ECは同じなのに、中身は最初に作った液とは別物に寄っていきます。循環式で液を使い回すほど、このずれは積もります。

つまり、「ECは合っているのに調子が悪い」は、印象だけの話ではありません。ECという一本の数字に丸めた時点で、内訳の情報は落ちているのです。だからといって個別のイオンを毎日測れ、というのも現実的ではありません。むしろECは総量の管理として割り切って使い続け、そのうえで「総量は合っても内訳はずれうる」という前提を持っておく。そして、内訳のずれは運用——定期的な養液更新と、兆候が出たら前倒しで作り直すこと——で抑える。これで十分です。前倒しの判断材料になる兆候を、いくつか挙げておきます。

| 兆候 | 詳細 || --- | --- || ECの不安定化 | 頻繁な調整が必要になる、または予想外の変動がある || pHの急激な変化 | pHを調整してもすぐに異常値へ戻る、または変動が大きい || 養液の色や臭い | 濁り、変色、または不快な臭いがする || 生育の停滞 | 新芽の成長が遅い、葉が小さい、茎が細い || 根の状態悪化 | 褐変、軟化、根端の枯死が見られる || 病害の発生 | 根腐れや葉の病気が増加する |

不調は当日でなく、数週間後に出る

DOにしても内訳のずれにしても、共通する性質があります。崩れが当日に出ず、遅れて現れることです。今日の数値が正常範囲でも、その崩れは数週間後の収量や等級になって返ってきます。だから養液のログは、「今日いくつだったか」だけでなく、「崩れた週はなかったか、そのとき条件側で何が動いていたか」という目で読み直すと、初めて生育とつながります。ここを一步進めて、KPIとして記録を設計し、内訳のずれを単肥で組み直すような踏み込んだ運用判断は、172のヒントのほうで詳しく扱います。

味は方式でなく運用で動く

養液管理の話は、そのまま「味」の話にもつながります。「工場ものは水っぽい」「えぐみがなくて物足りない」——屋内栽培の野菜には、この評価がついて回ります。そして、たいてい施設のタイプのせいにされます。

でも、現場で作って売っている人ほど、そう単純じゃないと知っています。味は、収穫してからの時間でかなり変わります。同じ株でも、朝採りと夕方では甘みが違う。出荷の直前にどう管理したかで、えぐみの出方も大きく変わる。施設のタイプそのものも味の差を生みませんが、同じ方式の中で運用が動かせる幅も大きいのです。

たとえばえぐみ。水耕レタスなら、収穫の2~4日前から施肥を止めておくだけで、えぐみのもとになる葉の硝酸塩がかなり下がります。しかも条件が良ければ、そのあいだ収量はほとんど落ちません。「味を寄せると量が犠牲になる」と身構えがちですが、えぐみに関しては、量を守ったまま抜ける余地があります。葉物・人工光型でいえば、収穫前の数日に何をするかは、味を動かす分かりやすいレバーです。ただし万能ではなく、窒素を絞りすぎれば葉色が薄くなるなど、別のコストも出ます。

ここで大事なのは、甘み・えぐみ・香りは、それぞれ別の条件でピークを迎えるということです。糖が乗る条件と、硝酸塩が最も少なくなる条件は、同じではありません。「量を最大化する設定」と「甘みを最大化する設定」も、同じダイヤルの違う位置にあります。だから狙いを一つに絞らないと、どのダイヤルも中途半端な位置で止まってしまう。狙いを決めずに育てた野菜が「特徴のない、薄い味」に着地するのは、欲張ったからではなく、軸がないからどの工程も中途半端に振れてしまうからです。水っぽいと言われる工場ものの正体は、方式というより、その狙いの不在なのです。

だからまずやるべきは、いきなり光や肥料をいじることはありません。自分の品種とその施設が「何なら出せて、何は出せないか」を知ることです。香りはもともと品種が持ってい

る上限に頭打ちされやすく、運用をどれだけ締めても、香らない品種は香りにくい。最初の数作は狙いを振らず、同じ条件で淡々と作って素のまま食べてみると、「この品種はもともと香らないな」「甘みは素直に乗るな」という素性が見えてきます。動かせる軸が分かって初めて、どこに一本立てるかを選べます。

なお、どの味を狙えば単価に変わるか、どんな売り先と組むか、味のプレミアム化が成り立つ条件——といった収益直結の話は、172のヒントで踏み込んで扱っています。

データを活用した精度向上

データを使えば、養液管理の精度はさらに上がります。

- 栽培記録：EC値、pH値、水温、肥料の種類や量、生育状況を記録し、養液の状態と生育の関係を把握する
- 養液分析：専門機関に依頼すれば、養液中の各成分濃度を正確に把握できる。分析結果に基づいて配合を調整すると、より適切な管理ができる
- 環境データの活用：温度、湿度、CO2濃度などの環境データとEC値、pH値、生育状況を関連付けて分析すれば、環境制御と養液管理の精度が上がる

養液を、毎日メーターで合わせて日報に書いて終わる数値だと思っているうちは、養液は「合わせる作業」のままです。けれど、その合わせ方が数週間後の収穫に効いてくる、と見方を変えた瞬間から、養液管理は生育を読む手がかりに変わります。今週のログを、その目で一度読み直してみてください。

ここまでで、光・水・空気・栄養という栽培の土台がひと通りそろいました。土台が整っていても、現場では生育のトラブルが出ます。最後に、新人がいちばん早く出くわす二つ——チップバーンと徒長——を見ておきましょう。

チップバーン



「順調に育っていたレタスなのに、収穫間際になって葉の先がチリチリと茶色く枯れてきた」。植物工場で葉物を育てていると、チップバーンは避けて通れない生育障害です。私も長いこと、これには散々悩まされました。

チップバーンとは

葉の先端や縁が茶色く枯れる生理障害です。最初は先っぽがわずかに変色する程度ですが、進むと枯れた部分が広がっていきます。レタスの場合、特に出やすいのが、結球の芯に近い、内側の若い葉です。外の大きな葉はピンピンして元気なのに、真ん中の小さい葉の縁だけがチリチリ枯れる。「葉先がちょっと黒くなってきたな」と感じたら、サインかもしれません。

「カルシウム不足」と言われるけれど

現場ではまず「カルシウム不足」と言われます。だからCaを足す。けれど、また出る。この経験があるなら、原因は別のところにあります。

私の経験上、養液中のカルシウム濃度そのものが足りていないケースは、実はそう多くありません。多くの場合、液のCaは足りている。それでも症状が出る。つまりチップバーンは、Caの総量が足りないというより、Caが内側の葉まで届いていない——量そのものではなく、株のなかでどう配られるか、その「配り」の問題なのです。

だから「足りないなら増やそう」とCa肥料をどんどん足すのは、たいてい逆効果になります。液を濃くしても、行き先が偏っていれば芯には届きません。それどころかECが上がったり、ほかのイオンと取り合いになったりで、別の不調を呼び込みます。

なぜ「配り」が崩れるのか

Caは水と一緒に、植物の道管を流れて運ばれます。そして水は、蒸散の多いところへ引っ張られます。

ここで効いてくるのが、棚ごとの差です。光をしっかりと当てている強い棚ほど、外の大きな葉が盛んに蒸散する。するとCaは、その外葉のほうへどんどん引っ張られていきます。一方、芯の若い葉はまだ蒸散が弱く、株の内側で湿度も高く、空気も動きにくい。水の流れ自体が細いので、Caが届かない。いちばん元気で、いちばん収穫を取りたい強い棚の、その真ん中だけが枯れる——仕組みはここにあります。

成長を速く攻めるほど出やすいのも、同じ理由です。速く育つほど内側の若い葉は次々に増え、配るそばから新しい葉が増えていく。芯への到達が、生育のスピードに追いつかなくなるのです。「速く大きく」と「芯まで安全」は、突き詰めると同じ方向を向きません。これがチップバーン対策の難しさでもあります。

キーワードは「蒸散」と「成長速度」

対策の入口になるのは、この二つです。

- 蒸散：高すぎる湿度は蒸散を抑え、根の活動も落とします。逆に低すぎると、水が外葉にばかり引っ張られて、芯がかえって干上がる。湿度はチップバーンと深く関わるので、ここを丁寧に保つ（湿度管理の節も参照）。

- 成長速度：速すぎる成長が症状を悪化させているなら、光量・温度・CO₂を下げる方向、つまり成長を少し緩める方向で見直します（加速させると悪化するので、ここは増やすのではなく減らす）。

風の当て方も関わってきます。棚に沿って水平に、安定した気流をむらなく流すと、芯への配りが変わってきます。逆に、外葉の縁をただ乾かすだけの暴れた強風は、かえって害になる。同じ「風」でも、均一な安定気流と乱れた強風は別物だと考えてください。

出たものをどう扱うか

予防を尽くしても、出るものは出ます。

チップバーンが出ても、食味そのものへの影響は限られます。ただ、見た目は明らかに劣る。野菜は見た目で見られる以上、出荷品質には響きます。だから症状の軽い株を外すか、傷んだ部分を取り除いてから出すか、という判断を迫られます。

ここで一つだけ。微小なチップバーンまで必死に取り除こうとしないこと。葉を無闇に千切ると、傷口から腐敗が進むことがあります。出たもの全部を取りにいくより、出荷品質に響

くレベルかどうかを見極めて手を入れる。そのほうが総合では得をします。

配りという一本の筋で見る

品種で耐性差はあります。葉姿にゆとりのあるタイプは内側まで水が回りやすく、成長の暴れにくい品種は配りの破綻も遅い。ただ、これは連動系をまとめて少し緩める一手であって、攻めすぎれば強い品種でも普通に出ます。品種で話は閉じません。

同じように、「湿度だけ下げる」「風だけ強める」と一因子だけをいじると、しわ寄せが別の因子に回ります。湿度だけ下げれば芯がさらに干上がり、風だけ強めれば外葉の縁が傷む。チップバーンは、光・成長速度・気流・蒸散・根域・養液がつながって起きる症状です。単独で攻めず、一本の筋として見ていくのが、いちばんこじれにくい。

発生株を前にしたとき、何かからの順で疑うか。収穫の数日前に絞った仕上げの環境の振り方。流れの問題なのか、それとも液のCaが本当に底を割っているのかの見分け方。このあたりの具体は、収益に直結する見極めどころなので、次のヒント集に詳しくまとめています。

『植物工場の収益性を高める172のヒント』

チップバーンが「届く・届かない」の話だったとすれば、もう一つの代表的なトラブル徒長は、「伸びる・伸びない」の話です。新人のうちは、この二つをセットで覚えておくと心強いです。

徒長

チップバーンと並ぶ、もうひとつの代表的な生育障害が「徒長」です。徒長とは、苗がひょろっと間延びして、必要以上に茎を伸ばしてしまう現象のこと。窓際の観葉植物が、光のある方へひょろひょろと伸びていく様子を思い浮かべると近いです。

植物工場で徒長が起こると、こんな影響が出ます。

- 収量ダウン：茎ばかりが伸びて、肝心の葉が小さくなる。
- 品質ダウン：組織が軟弱になり、日持ちや食味が落ちる。細胞壁が薄くなって病害にも弱くなる。
- 作業効率ダウン：倒れやすく、収穫や管理作業の手間が増える。

そして厄介なのが、一度伸びた節間は元に戻らないという点です。環境を整えても、伸びてしまった胚軸が締まって縮むことは、私が現場で見てきた範囲ではありませんでした。だから徒長は「出てから直す」より「出る前に読んでおく」ものだと考えてください。

まず密度を疑い、それから環境を読む

徒長が出ると、つい「さあどう止めようか」と環境のつまみを探したくなります。でもその前に、見る順番があります。

最初に疑うのは、環境ではありません。品種・播種密度・セル数です。同じ環境でも、伸びやすい品種は伸びます。トレイに詰めて播けば、隣と込み合うこと自体が苗を伸ばします。育苗トレイのセル数（72穴・128穴・200穴など）も、ただ「何本作れるか」ではなく「どんな姿の苗ができるか」を左右します。セルが小さいほど根の張る余地が狭く、育苗期間が長い作物ほど不利に働きます。

私が現場で見てきた範囲でも、環境を悩む前に「そのトレイ、単純に播きすぎていないか／セルが小さすぎないか」で説明がつく徒長は少なくありませんでした。だからまず、品種・密度・セル数を整える。これが一段目です。

そのうえで、なお残る分を、環境のつまみ——光・夜温・湿度の3因子で読んでいきます。逆に言えば、密度や品種が真因のときに環境の3つをいくら回しても空振りします。「徒長 = 光・湿度・温度の3つ」とだけ思っていると、いちばん効く一段目を飛ばしてしまう。順番は、密度が先、環境が後です。

環境3因子を苗の姿から読み分ける

軸が伸びるのは、苗が光を感じ取って起こす反応です。隣の葉に込み合って遮られたり、光そのものが弱かったりすると、苗は光を求めて茎を伸ばす。これが徒長の正体です。残った3因子は、苗の姿を手がかりに当たりをつけます。完全に切り分けられるわけではありませんが、次に何から疑うかの優先順位にはなります。

- 光が弱い：軸が長くなる代わりに、葉そのものが薄く、色も淡くなりがち。光の方へ体を投げ出している姿です。
- 夜温が下がりきらない：消灯後に暖かさがこもって伸びる場合は、葉は厚みや色を保ったまま、節間だけが間延びする。下段という場所と夜間という時間がそろったときに出やすい。
- 湿りがこもる：除湿の効きが甘い時間帯や棚では蒸散が止まり、葉は張りのあるまみや大ぶりでやわらかく茂って、その下で軸がゆるっと伸びる。

つまり、軸の長さだけでなく、いつ・どこで・葉はどうかを合わせて見る。葉まで薄く淡ければ光寄り、葉は普通で節間だけ伸びていれば夜温寄り、湿りがこもった棚でやわらかいなら過湿寄り、という見当のつけ方です。

ただし、これは主因を確定する道具ではなく、当たりをつける目安です。とくに栽培棚の下段は、光も夜温も除湿も同時に甘くなりやすい場所で、いちばん使いたいところでいちばん割れます。割れたら一つに決めつけられないことです。

出ている徒長と、次に出さないことは別の話

ここで一つ、分けておきたいことがあります。いま伸びている一作をどうするかと、次の作で同じ徒長を出さないことは、別の話です。

すでに伸びはじめた苗は時間との勝負で、原因を一つに絞り込んでから動くと、その間に伸びが進んでしまう。だから、いま出ている徒長には、原因の特定を待たず保守側へまとめて寄せる。光を底上げし、夜温を下げ、除湿を強める。ただし急に大きく動かすとそれ自身がストレスになるので段階的に、そしてすでに光が足りている棚で更に上げないこと。光は多いほどよいわけではなく、底上げが要るのは弱い棚であって、足りている棚ではありません。

一方、原因を一つに絞り込む読み方が生きるのは、次の作に向けてです。朝に上段と下段の苗を並べて見比べ、軸の長さ・葉色と厚み・葉のやわらかさを見て、どれが一番大きな声で返事しているか見当をつける。そのうえで、次のロットで疑わしい一つだけを動かして出方の変化を見れば、主因を確かめられます。同じ一作の中で三つを同時にいじると、どれが効いたのか分からなくなる。一つずつ確かめるのは、別のロットでこそ意味を持つのです。

伸びた苗をどう扱うか

すでにスッと伸びてしまった苗は、段階によって打ち手の意味が変わります。

伸びがまだ胚軸の初期で、本葉がこれから展開していく段階なら、環境を直す価値は十分にあります。この先の節間の伸びは止められますし、上に積み上がる本葉側で姿を立て直せる余地が残っているからです。一方、すでに節間が間延びして倒れ気味で、本葉も間延びを引き継いで展開し始めているなら、この株は規格として割り切る判断も出てきます。線引きの芯は「本葉が間延びを引き継いだかどうか」に置きつつ、生長点・根の生死と作期の段階を合わせて見ます。育苗の早い段階なら植え替えが効率的なこともありますし、収穫が間近なら、無理に立て直さず徒長株のまま収穫するほうが得な場合もあります。

次の作で出さない、播種前の確認

伸びた軸が戻らないなら、打ち手の価値はやはり「次の作で出さない」側にあります。確認の順番も同じで、まず密度、それから環境です。

- 播種密度とセル数：狙う苗の姿と育苗期間に対して、播きすぎていないか、セルが小さすぎないか。隣の株と葉が重なり始めたり下葉が黄化し始めたりしたら、間引きや移植のタイミングです。
- 光：棚位置ごとの光量を測っておく。同じLEDでも下段は届きが落ちていることがあり、弱い棚は伸びで返してきます。
- 夜温：消灯後の温度の上がり方を棚別に見ておく。下段は夜間に暖かさがこもりやすい。
- 湿度：除湿の効きが甘い時間帯や棚がないかを拾っておく。

これらを播種前に棚別で書き出しておけば、徒長を出してから慌てるのではなく、出る前に弱い箇所を読んで備えられます。伸びた軸を責めるのではなく、まず密度を疑い、それでも残る分を、苗がどの設定に返事しているかの合図として読む。そう思うと、毎朝トレイを見る目が、少し変わってくるはずですよ。

徒長は収量に直結します。密度・光・夜温・湿度をどう組み合わせて読み、どこまで攻めてどこで割り切るか——その判断は、そのまま植物工場の採算の話でもあります。現場で使える観点をさらに広く拾いたい方は、こちらもどうぞ。

『植物工場の収益性を高める172のヒント』

栽培管理のさらなるレベルアップのために

ここまで、作物選びから光・水・温度・湿度・CO₂・風、肥料と養液、そしてチップバーンや徒長まで、栽培管理の基礎をひと通り見てきました。一つひとつは独立した話に見えても、現場ではすべてが互いに影響し合っています。湿度を動かせばチップバーンに響き、光を強めれば温度や水の使われ方が変わる。この「つながり」を頭の隅に置いておくだけで、トラブルが起きたときの見立てがずいぶん変わってきます。

ただ、正直に言えば、ここまで書いてきたのはあくまで土台です。現場に出ると、「知識はあるのに、では具体的に何から手をつけ、どこを目標にすればいいのか」で必ず迷う場面が出てきます。

たとえば、光や温度は「適正範囲」までは本書で示せても、自分の工場・自分の作物にとっての最適値がどこかは、作りながら見極めていくしかありません。電気代や人件費を削るにしても、どこを削れば品質を落とさずに収益が残るのか——その判断は、基礎を押さえたうえで初めて意味を持ちます。私自身、ここを手探りで覚えるのに長い時間がかかりました。

この本では、その手前の「考え方の入口」までを揃えることに徹しました。最適値の見極め方、コスト削減の判断、数値の作り込みといった、収益に直結する一歩深いところは、別にまとめた『植物工場の収益性を高める172のヒント』に譲っています。まずは本書で基礎の地ならしをして、もう一段踏み込みたくなったときに、そちらを開いてもらえればと思います。

2章のまとめ

- 作物選びは品目でなく「販路の単価×回転×難しさ」と「面積あたり日あたりいくら」で見る。レタス中心は儲かる答えではなく、工場の形式で破綻しにくい解が選ばれた結果。新作物は採算の入口を通過してから。
 - 光は強さ・色・時間の三つの掛け算（DLI）で捉える。明るいほど得とは限らず、止めどころは電気代しだいで動く。
 - 水耕の方式（NFT/DFT）に絶対の優劣はない。効くのは選んだあとの水の管理。可逆なずれは運用で受け、不可逆な事故は設備と備えで先に消す。
 - 空気は温度・湿度・CO₂を別々に見ず、葉に届いているかで見ると見る。管理するのは空気、応じるのは葉。湿度は割合でなく「引き具合（VPD）」、CO₂は濃度でなく「奥まで運んでいるか」。それらをまとめて運ぶのが風で、効くのは総量より配り方。
 - 栄養はECとpHを基本に、合わせるだけで足りない二点（溶存酸素と内訳のずれ）を見張る。ECは総量しか語らず、配合はイオンから逆算する。衛生は菌をゼロにでなく「増やさない・広げない」、殺菌に頼らず正常な循環で。
 - 生育トラブルは単独で攻めない。チップバーンはCaの総量でなく「配り」、徒長はまず密度、それから環境。どちらも複数の要因が一本につながって起きる。
- 一つひとつは別の話に見えても、現場ではすべてが互いに影響し合っています。この章で土台を固めたら、次は自分の工場・自分の作物に合わせて数字を作り込む段階です。その一歩深い実践は、姉妹編『植物工場の収益性を高める172のヒント』へ受け継ぎます。

3章 現場管理の実践

前章までで、植物工場という仕組みがどう成り立っているかを見てきました。ここからは、その箱の中で日々何が起きていて、現場に立った人が何をするのかに話を移します。設備や理屈を知ることと、実際に現場を回せることのあいだには、まだ一段の隔たりがあります。その一段を、ここで埋めていきます。

現場管理は何から覚えるか——苗・数値・人の三層

「結局は経験で覚えるしかない」。現場管理について、入ったばかりの人がたどり着きがちな結論です。そして半分は正しい。けれど、この言葉はたいてい、覚えるべきものが一つの塊だという思い込みとセットになっています。

実際には、現場管理は性質の異なる三つの層に分けられます。苗の生育を読むこと、数値を見張ること、人と段取りを整えること。この三つは別々に身につけ、互いに噛み合っただけで現場が回ります。何から覚えるかも、この三層で考えると見通しが立ちます。

苗を読む層、数値を見張る層、人を整える層

現場で何人も見てきて気づいたことがあります。新しく入った人で、苗を見て「これちょっと元気ないな」とすぐ気づける人がいる。でもその同じ人が、EC（養液の濃さの目安）や養液の数値の変化には全然反応しない。逆に、数値はきっちり追えるのに、現物を見ても何も感じない人もいます。最初は経験の差かと思っていたのですが、どうも一本の線ではありません。

苗の見え方と数値の見え方は、別々の力なのです。苗を見て「元気ないな」と気づくのは、植物の生育を読む層。葉の張りや色、芯の伸び方を、体で覚えていく世界です。一方、ECや養液の数値を追うのは、数値を見張る層。現物ではなく、推移として読む頭の使い方です。経験が浅いから両方できないのではなく、層が違うから別々に身につく。だから片方が得意でも、もう片方は素通りということが普通に起きます。

しかも厄介なことに、現物に強い人ほど「数値は見なくても葉を見ればわかる」と言いがちです。気持ちはわかるのですが、ここに落とし穴があります。数値が先に教えてくれる異常もあれば、逆に、数値がどれも正常なのに葉に先に出る異常もある。たとえばチップバーン（葉の縁が枯れる症状）は、急に成長したときに内側の若い葉までカルシウムの分配が追いつかないのが引き金で、養液のカルシウムの数値が正常でも、配り方（蒸散の流れ）が追い

つかなければ葉に先に出ます。だから、どちらか片方だけでは取りこぼします。両方を見て、はじめて漏れが減るのです。

もう一つ、生育や数値とは別の層があります。人と段取り——誰がいつ何をやるかを回す感覚です。苗もわかる、数値も追える、それでも人に指示を出したり手順を組んだり妙に苦手な人がいる。逆に、栽培はそこそこでも段取りだけは抜群、という人もいます。これも珍しくありません。

段取りもまた別物です。生育や数値は植物が相手ですが、段取りは人と物の流れが相手で、頭の使い方が違います。ただ、勘の世界に見えて、実は計って整えられる対象です。一日の作業を書き出してみると、自分の現場では収穫まわりが時間を食っていました。誰がいつ何に入るか、台の高さや収穫物を置く位置をどうするか——そのあたりは見て計れます。「あの人は段取りがうまい」で片づけずに、どこで人が待っているか、どこで姿勢に無理が出ているかを見て、配置を組み直せる。これは生育や数値とは別の、計って整える層です。

これで三つ出そろいました。苗を読む層、数値を見張る層、人と段取りを整える層。現場管理は、この三つが重なって動いています。

何から覚えるか——先に渡せる層と、現場で積む層

三層が見えてくると、「結局、何から覚えればいいのか」が急に具体的になります。三つを一度に身につけるのではなく、層ごとに入口が違うからです。

順序で言えば、まず仕組みを頭に入れるのが先です。三層とも、入口には「先に知識として渡せるところ」と「自分の現場でしか積めないところ」が混ざっています。生育の層なら、光や養分をどう吸って葉ができていくか、その筋道は読んで覚えられます。数値の層も、ECやpHが何を表していて、どう動いたら何を疑うか、その読み方そのものは先に渡せます。段取りの層も、作業を書き出して計るという考え方は教えられる。ここまでは現場に立つ前に渡しておける部分です。

渡せる側と積む側の境目は、わりとはっきりしています。たとえば光を強くすれば収量は増える、その仕組みは説明できます。しかし、どこで止めるのが得かは、自社の電気代と単価次第で、そこは数字として渡せない。ECの最適値も、作物やシステムが違えば動くため、よその値をそのまま使うことはできません。だから「仕組みと読み方」までは知識として先に渡し、「自社の条件にいくつで合わせるか」は、自分の現場の歩留まりに照らして積んでもらう。この線で分けて考えるとうまくいきます。

次に、自分がどの層を伸ばす番か。これは得意不得意で決めるものではありません。いま現場で実際に困っている所——遅れや手戻りが出ている所がどの層に乗っているか、そこから逆算します。現物も数値も見えているなら、詰まるのはたいてい段取りのところで、そこが今その人の伸ばすべき層として現れます。一番目に見えている手戻りを一つ取り上げて、それがどの層の入口に近いかで選べば、それで十分です。

そして、一つだけ抜群でも現場は回りません。三層は別々に身につくぶん、現場では噛み合っ
て初めて結果が出ます。生育を完璧に読めても、数値を見張る人と段取りが揃っていなければ歩留まりは守れない。一つの層だけを最適にしても、全体が最適になるとは限らない——これはどの規模の工場でも同じ形で現れます。

この章の歩き方

ここから先の章は、この三層を順にたどっていきます。生産計画で全体の段取りを決め、播種・育苗・移植・定植・収穫と、苗を育てる工程を追う。収穫後の作業で品質を商品として届け、従業員の管理と教育、衛生管理で人と現場の土台を整える。最後にデータ分析で、ここまでの記録を判断につなげます。

全部を一度に頭に入れようとしなくて構いません。三層を念頭に置いて、いま自分が困っている層、自分の番の層から読み、明日それを現場で一回試してみる。この進め方が、結局いちばん身につきます。

なお、ここで扱うのはあくまで「仕組みと読み方」までです。最適値をいくつに置くか、コストとどう天秤にかけるか、どう売るかといった収益に直結する判断は、本書の範囲を超えます。その入口を感じたら、別書『172のヒント』に踏み込んでください。

生産計画の立案

品目		フリル	フリル	フリル	フリル
パネル穴数		300 穴	300 穴	120 穴	40 穴
栽培工程		暗所発芽	育苗	生育1	生育2
日数		1 日	12 日	7 日	7 日
作業		播種	苗取出し	苗移動	苗取出し
		移植1	苗取出し	移植2	苗取出し
12/01	水	3600			
12/02	木	3600	3600	3600	
12/03	金	3600	3600	3600	
12/04	土	3600	3600	3600	
12/05	日	3600	3600	3600	
12/06	月	3600	3600	3600	
12/07	火	3600	3600	3600	
12/08	水	3600	3600	3600	
12/09	木	3600	3600	3600	
12/10	金	3600	3600	3600	
12/11	土	3600	3600	3600	
12/12	日	3600	3600	3600	
12/13	月	3600	3600	3600	

三層のうち、まず全体の段取り——「いつ何をどれだけ作るか」を決めるところから始めます。ここからは、植物工場の管理業務の中身の一つずつ見ていきます。最初は生産計画です。

なぜ生産計画が必要か

季節や天候に合わせて動く従来の農業のやり方は、植物工場では通用しません。環境を自分たちで作れる代わりに、何をいつどれだけ作るかを先に決めておく必要があります。

計画を立てずに回すと、たいてい三つの形でつまずきます。需要と供給がずれて作ったものが売れ残る。電気・水道・人件費・資材のコストが先に出て行って利益が残らない（資材費と人件費は作付け前に準備するものなので、見通しがないと計画外の出費が膨らみます）。環境や作業の管理が場当たりになって、仕上がりが揃わない。どれも、先に決めておけば避けられたものです。

出荷から逆算して組む

私は人工光型の工場でレタスなど葉物の生産・立ち上げに長く携わってきましたが、計画を考えるときの順番は一つです。出荷を起点にして、そこから栽培をさかのぼる。「設備の能力をフルに使って組んで、出荷はそこに合わせればいい」と考えると、まず回りません。能力を基準にすると、作れるけれど売れない週と、売りたいのに足りない週が交互に出てきます。

逆算の流れはこうです。

1. 需要予測：いつ・どれだけ・いくらで売れそうかを読む。
2. 生産計画の策定：その出荷量から、必要な作付け量と栽培スケジュールを逆算する。
3. 進捗管理と見直し：回しながら、ズレを見てこまめに直す。

ステップ1. 需要予測

まずは、どこに・どれだけ・いくらで売れるのかを把握します。スーパーなのかレストランなのか個人なのか、その販路でいくらで売れるのか、季節で需要がどう動くのか、同じ作物を作る競合がどうしているのか。過去の販売データや市場の動きを参考に読みますが、「これを作れば確実に売れる」という答えは誰にも分かりません。あくまで仮説を立てる作業だと割り切ってください。

ステップ2. 生産計画の策定

読んだ需要を、具体的な計画に落とします。市場ニーズ・栽培期間・収益性の三点で作物を決め、施設規模・設備能力・労働力・販路から無理のない目標生産量を置く。そして収穫時期を市場の需要に合わせ、栽培期間を逆算して播種日を決める。最後に種苗・肥料・資材・人員・電気・水道を見積もる。出荷の側からさかのぼると、この順番が自然と出てきます。

ステップ3. 進捗管理と見直し

計画は立てて終わりではありません。回しながら直していくものです。生育を定期的に観察して記録し、計画どおり売れているか・在庫は適正かを確認し、ズレが出たら原因を探って、必要ならスケジュールや生産量を修正する。

ズれるのは精度のせいではない

ここで、新人のうちに一つだけ持っておいてほしい見方があります。工程表どおりに回らないとき、多く人は「計画が雑だった」「もっと細かく組めばよかった」と考えます。でも、いくら細かくしてもズレが消えないことがあります。それは、一つの計画の中に速さの違うものが混ざっているからです。

出荷は需要に引っぱられて週単位で細かく揺れます。栽培は生き物の周期なので、もっとゆっくりです。葉物のレタスなら播種から収穫まで35日前後。今日定植を増やしても、その株が棚に上がるのは一サイクル先です。そして人手の繁閑は、そのどちらとも違う山で動きます。この三つを一本の工程表という同じ目盛りに乗せようとする、速い波に合わせれば栽培が振り回され、遅い周期に合わせれば出荷を取りこぼす。だからズレは精度の問題ではなく、別々に回るべきものを無理に同期させた構造の問題だと、私は見えています。

では、別々に回すとは何をすることか。三つの間に緩衝（クッション）を意図的に置くことです。出荷側のクッションは、棚の上で収穫を待てる適期の幅と、出せる規格の上下の振幅。栽培側のクッションは、播種・定植の刻みの幅。人手側のクッションは、余力です。生

鮮の葉物は日持ちが短く、在庫を何日も積んでおく持ち方はしにくいので、出荷側は「在庫を厚くする」より「収穫適期をどれだけ前後に振れるか」でクッションを持ちます。

そして見るのは工程表そのものではなく、そのクッションが今どれくらい余っているかです。出荷の波は収穫適期の幅で受け、その余地が尽きかけたときに栽培の刻みへ手を入れる。ただし栽培だけは、緩衝が尽きてからでは間に合いません。出荷を受ける余裕が枯れてから播種を増やしても、その株が上がるのは35日前後あと。だから栽培の手当てだけは、収穫までのリードタイム分を見越して前倒して動かします。

一番動かしにくい軸に、一番クッションを足せる

おもしろいのは、三つのうち一番動かしにくい栽培こそ、クッションを足せる場所だという点です。一株が育つ周期そのものは変えられません。でも「いつ播くか」「何回に分けて播くか」は変えられます。一度に大量に播けば収穫も一点に集中して、出荷の波に合わせようがない。けれど時期をずらして少しずつ播けば、棚の上に「これから収穫期に入る株」「もう少しで上がる株」が階段状に並びます。出荷が増えた週は早めに、絞りたい週は少し遅らせる。その幅が生まれます。固いのは個々の株の周期で、柔らかいのは時間軸上にどう散らすか。動かさない単位を、ずらして重ねることで、全体としてはクッションになります。

見直しのリズムは波の速さで変える

見る頻度も、軸ごとに変えていいものです。出荷を受ける収穫適期の幅は速い波を受けているので、毎日か数日おきに「今どれだけ振れる株が棚にあるか」を覗く。栽培側は毎週測っても返事が返ってこないで、数週間に一度、「今の播種の刻み方でいいのか」という設定そのものを点検する。間隔をそろえると、速いほうは見落とし、遅いほうは無駄に揺らすことになります。

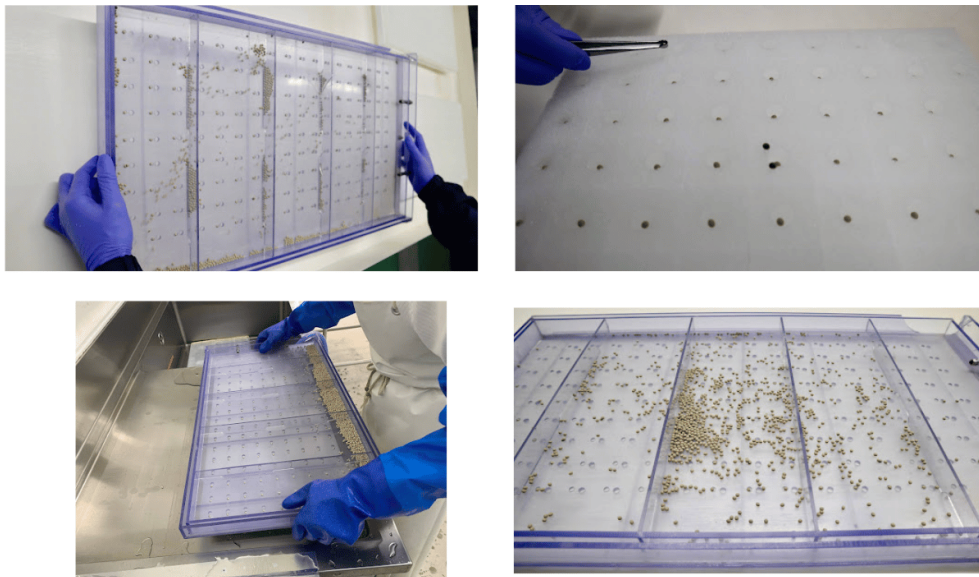
そして、どのクッションから減っているかが、そのまま原因の在り処を指してくれます。収穫適期の幅がいつも先細りなら、播種の刻みが出荷の波に追いついていない。人の余力がいつも逼迫しているなら、人員の見積もりが収穫の山を吸いきれていない。ズレを「計画の甘さ」と一括りにせず、どの軸から崩れたかで切り分けられる。これが三つに分けて見ることの一歩の実利です。最初のズレも、失敗ではなく三つの時計が動き始めた合図として、落ち着いて見られるようになります。

なお、毎回これをゼロから組むのは骨が折れます。私が現場で使っていた栽培計画のテンプレートを公開しているので、計算式の組み立てを掴む取っかかりにしてください。株数も回転も歩留まりも工場ごとに違うので、そのまま使うのではなく、自分の環境に合わせて作り

替えるのが前提です。

ここから先、「では播種を具体的に何日刻みにするか」「収穫量との兼ね合いで栽培密度をどう決めるか」「電気代を抑えながらどう作るか」といった、採算に直結する見極めは、自分の工場の数字で詰める領域です。考え方の入口はここまでにして、踏み込んだ判断は『172のヒント』に譲ります。生産計画は、植物工場の運営の軸になる部分です。

播種



計画で播種日が決まったら、いよいよ苗を育てる工程に入ります。ここからは、実際に野菜を育てていく現場作業を順に見ていきます。最初は播種、つまり種をまく工程です。

播種（はしゅ）は栽培管理の第一歩です。植物工場では土を使いません。培地——土の代わりに根を支え、水分や養分を供給する素材——に種をまきます。流れ自体は単純です。専用トレーに培地をセットして水に十分浸し、ピンセットや播種機で種を置く。播いたあとは乾燥や種の流出を防ぐため蓋やカバーで湿度を保ち、霧吹きで優しく水をかけて、温度・湿度・光を管理しながら発芽を待つ。播種密度は作物によって変わります。

新人のうち、ここで「発芽率」を気にするよう教わると思います。何割が芽を出したか。9割近く出れば「今回はいい感じだ」と一回満足する。それ自体は間違っていない。ただ、私が現場で歩留まりのいまいちな回を振り返ると、発芽率の低さよりも「あのとき、そろってなかったな」のほうに思い当たることが多かった。ここで覚えてほしい視点の転換は、これです。播種で本当に見るべきは「何パーセント出たか」より「どれだけ揃って立ち上がったか」。

発芽率という数字は「揃い」を映さない

発芽率は、種が芽を出したかどうかしか数えていません。出た・出ないの二択を集計した数字で、そこに「いつ出たか」という時間の情報は入っていない。だから、一斉にそろって立ち上がったトレイも、三日かけてぼつぼつ出続けたトレイも、最後に9割まで届けば同じ9割として並びます。

けれど、この二つはその後がぜんぜん違います。発芽率が「高さ」だとすれば、揃いは「幅」——それぞれの種が芽を出した時刻のばらつきです。同じ高さでも幅が狭いか広いかで、後工程の扱いやすさが変わる。時間差でそろわなかったトレイは、移植のあたりからどうにも扱いにくくなります。大きい苗に合わせれば小さいのが置いていかれ、小さいのを待てば全体が間延びする。

ここが大事なところですよ。播種と発芽は数日で閉じる工程に見えますが、そこで作った苗の揃いは、移植・生育を通して、何週間も先の歩留まりにまで尾を引きます。発芽はゴールではなく、収穫まで続く長い工程の入口です。だから揃いを見るというのは、指標をひとつ足す話というより、播種の良し悪しを判定する時点を、発芽の直後ではなく後工程の歩留まりまで後ろにずらす話だと思ってください。

揃いは「入口」で決まる

では、ばらけた揃いは後工程で挽回できるのか。ここははっきり線が引けます。できません。揃いは大きさの「差」ではなく「時間差」だからです。発芽が半日遅れた苗は、ただ小さいのではなく、発達のうえで半日分だけ後ろにいる。先行した苗より若いのです。後ろで肥料や光を足しても、全体がそのぶん前に進むだけで、先頭と最後尾の間は開いたまま動いていく。一度ついた時間差を、後工程で時間ごと巻き戻すことはできません。

選別や収穫幅で「吸収」する手はあります。遅れた個体を間引いて先頭に揃える、画像で選り分ける、収穫の幅を広く取る——これらは現場の標準的な工程で、ごまかしではありません。ただし共通するのは、時間差そのものを消しているわけではない、という点です。間引けばその分の苗は捨てることになり、収穫幅を広げれば棚の回転に幅が出る。つまり、揃え直しているように見える回は、たいてい歩留まりか手間というコストを払って時間差を吸収しているのであって、ばらつきが消えてなくなったわけではない。

だから揃いは「後で直せばいい」ではなく「後で吸収するにはコストがかかる」と捉える。そのコストは伝票に「揃い不良費」とは載りません。遅れ苗を間引く手間、足りない分を補う補植、移植前の選別工数——揃いの悪い回ほど、こうした見えないコストがじわじわ積み

上がります。揃いは入口で作りにいく。それが、後で払う見えないコストを前もって減らす、いちばん確かなやり方です。

揃いを「立ち上がりの幅」で記録する

幅は、二点のメモで十分つかめます。毎日決まった時間に一回だけトレイを見て、「最初の芽が出た日」と「だいたい出そろった日」の二点を控える。その差が、立ち上がりにかかった幅です。観察の精度を上げるより、毎回同じ時刻に見て条件をそろえるほうがずっと効きます。播いた回どうしを同じ物差しで比べられるからです。

ひとつコツがあります。「だいたい出そろった日」は、9割ではなく「8割くらい出た日」で取るのがいい。最後の一割は遅れてくる粒や結局出ない粒に引っぱられて、日付がぼやけやすいからです。しかもこの8割は記録のためだけの数字ではありません。播種直後にかけた保湿カバー（ドーム）は、だいたい8割が発芽したところで外します。外すのが遅れると光が当たらず苗がひょろ長くなり、過湿で病気も出やすくなる。「8割でカバーを外す」という作業の合図と、「8割で出そろい日を記録する」という観察の合図は同じ点で重なる。カバーを外すついでに日付を控えれば、操作と記録が一筆で済みます。

最初の芽の日と、8割の日。この二点の差を回ごとに並べていくだけで、そろう回とばらける回はかなりはっきり分かれて見えてきます。細かい観察は、気になる回が出てきてからで十分です。

ばらつきの原因は、まず温度から疑う

立ち上がりがばらける原因のうち、現場で手をつけやすいのは環境のムラです。種そのものの個体差は確かにあって、これが揃いの「下限」を決めます。どんなに条件を揃えても種のばらつき以上にはそろいません。ただ、私が人工光型の育苗で見てきた範囲では、ばらける回はその下限まで環境を詰めきれていないことのほうが多かった。播いたあとの温度と水分が、トレイの端と中、棚の上の段と下の段で揃っていない。同じトレイの中で、ある粒は発芽スイッチが入る条件にいて、ある粒はまだ入っていない。それが時間差になって出てきます。

だから順番としては、まず環境のムラを潰してみる。手近に当たりをつけるなら、まず温度です。発芽の適温は作物で違い、私の育ててきた葉物の感触では、レタスより小松菜や水菜のほうが少し高めの帯で立ち上がりが揃いやすい、というくらいの差はありました。細かい数字を覚えるより、いま使っている作物の適温の帯から外れていないか、発芽が遅れている

回はまずそこを疑う価値があります。水分のムラも揃いに効きますが、温度と水分は連動しやすい——温かいところは乾きやすいので、温度のムラを先に見れば水分もだいたい一緒に見当がつきます。特に吸水期の水分は効くので、初期はしっかり含ませ、発芽が確認できたら少し下げる。この上げ下げも場所でムラが出れば立ち上がりの差につながります。

見る場所は、全部を測る必要はありません。いちばん差が出そうな二点だけでいい。棚なら上の段と下の段、単トレイなら端と中央。ここは構造的に差が出やすい場所です。温度計を一本ずつ置いて、立ち上がりの幅と突き合わせる。遅れがちな回が決まった段・決まった位置に偏っていたら、それがムラの正体です。あとは遅れる段の温度を上げる、置き場所を入れ替える、それでも均しきれないムラには循環扇で空気を動かす、といった手当てをして、同じ物差しで回を重ねていくだけです。

打ち手のメニュー自体は、温度ムラ潰しと種ロットの見直しで、いつもと変わりません。違うのはタイミングです。これまで温度ムラに気づくのは、たいてい苗がばらけて移植で困ってから——後手でした。立ち上がりの幅を入口で見ておくと、同じ手を、苗が育ってしまう前に先手で打てる。これが、揃いという視点を一つ持つことの実利です。

詰めても残るばらつきは、種ロットの話

温度のムラを潰しきっても、なお残るばらつきがあります。それは種そのものの実力の下限で、播き方では越えられない壁です。そこまで追い込んでばらける回が続くなら、もう播き方の問題ではなく、種ロットや調達側で見る話に切り替わる。現場の手当てと、仕入れ・ロット選定で見る話は、線を分けておいたほうがいい。

そのためにも、保管は低温・低湿・遮光を基本に、古い在庫から先に使う先入れ先出しを徹底し、ロット番号を控えておきます。種は見た目では分からないまま活力が落ちることがあり、それが後で発芽不良として出てくる。揃いがばらけたとき、それが播き方なのかロットなのかを切り分けるには、どのロットをいつ使ったかが残っていないと話が始まりません。

ここまでが、播種で身につけてほしい視点です。最適な発芽条件や種の選び方をどこまで詰めて利益に変えるか——その見極めは現場ごとに解いていく領域なので、本書では入口だけにとどめます。踏み込んだ判断は『172のヒント』に譲ります。

育苗



播種を終えて芽が出たら、その芽を移植に耐えられる苗まで育てる期間に入ります。これが「育苗」です。工程としては播種と移植のあいだに挟まれた地味な時期ですが、ここでの良し悪しが、その後の生育成績をほぼ決めてしまう。新人のうちは収穫や移植のほうが目立って見えますが、現場で長くやってきた感覚で言うと、苗の段階でつまずいた区画は、最後まで取り返せないことが多いです。工場によっては専用の育苗室や育苗棚を設けて、ここだけ環境を作り込みます。

なぜそこまで苗にこだわるのか。理由は単純で、丈夫な苗はその後がぜんぶ楽になるからです。根がしっかり張った苗は移植先の環境になじみやすく、活着が早い。生育もそのまま順調に進むので、収穫までの期間が縮みます。栄養状態の良い苗は病気にも強い。逆に、ひょろついた弱い苗をそのまま送り出すと、移植後にばらつき、病気が出やすく、結局は収量に影響します。育苗は、最終的な収量を底上げするための投資だと思ってもらえばいい。

苗づくりで一番気をつけるのは、徒長させないことです。徒長とは、茎ばかりがひょろ長く伸びて軟弱になること。原因の多くは光が足りないことと、温度が高すぎることにあります。発芽後、子葉が開いて光合成を始める時期に、照明を当てるのが遅れると一気に徒長します。発芽期間は光を当てない運用をしている場合は、子葉が開いたら手遅れにならないうちに照明を始める。ここのタイミングは現場で詰めておくべきポイントです。

環境の押さえどころは、播種のとくと地続きで、温度・湿度・光・養液の四つです。

- 温度：作物と生育段階に合わせます。レタスなら育苗室の室内気温（水温ではなく）を日中25 前後で管理するのが一般的（徒長を抑えたいので夜はやや下げて締める）。小さい苗は低温に弱いので、下げすぎないこと。
- 湿度：高すぎると病気が出やすくなります。相対湿度で60～70%程度が目安。

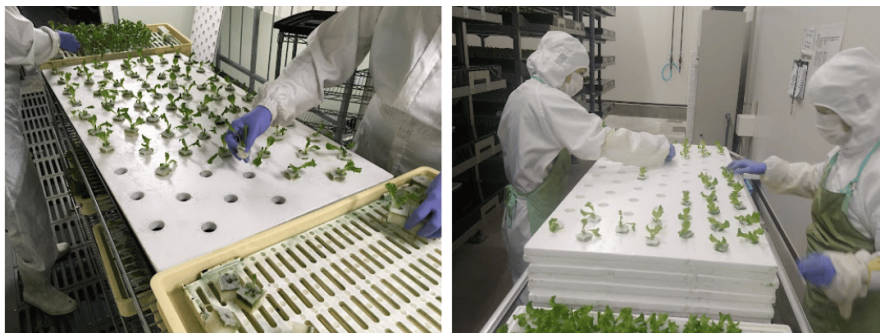
- 光：徒長を防ぐうえで効いてくるのが光です。発芽そのものに光が要らない品種は多いものの、子葉が開いてからは適切な光量を確保する。照明開始が遅れると、それだけで軟弱な苗になります。

- 養液：苗が小さいうちは養液濃度（EC）を低めにし、生育に合わせて上げていくのが基本です。ただ、私の経験では、管理が難しければ低めに設定したECを一定のまま運用しても実用上は問題ありません（本圃と同じ高ECで一定にする、という意味ではなく、低～中程度の値で一定にするということです）。

苗づくりで目指すのは、ただ大きい苗ではなく、揃った苗です。同じトレイの中で生育がばらつくと、移植のタイミングを合わせられず、その後の管理がずっと面倒になります。散水のムラ、棚の位置による光や温度のムラ、播種密度のばらつき——揃わない原因はだいたいこのあたりにあります。一枚のトレイを引いたときに、苗の背丈と葉の展開がそろって見える状態を、毎回作れるようにする。これが育苗の腕の見せどころです。

苗が育って隣の葉と重なり始めたら、次の工程である移植のサインです。

移植&定植



育苗を終えた苗は、より広いスペースに移していきます。隣の葉と重なり始めた苗をそのままにすると、光が行き届かず、根も窮屈で養分を十分に吸えません。広いスペースに移してやることで、一株あたりの受光が戻り、生育がふたたび加速する。この移し替えを段階的に繰り返しながら、最後に収穫まで持っていく間隔で植えるのが定植です。

株間は「植える都合」でなく「出荷」から決める

定植のとき、「1㎡に何株入れるか」を、その場の作業の都合　速く植えられるか、ロスが出ないか　で決めていないでしょうか。1人あたり何枚さばけるか、活着でどれだけ落とさないか。その物差し自体は大事です。ただ、株の詰め方（密度）だけは、その速さの感覚で決めてしまうと、収穫のしやすさや、棚あたりで売れる重さが、後ろのほうで削られていき

ます。

植えるときは速く詰められて気持ちいいのに、収穫の手元が遅くなる。詰めた棚は見た目こそびっしりで取れ高がありそうなのに、1株が小ぶりに上がってきて、量ってみると「狙ったサイズに届く株」が思ったほど取れていない。植える間隔は、その場の作業の都合だけでなく、最後に量って売れる重さまで効いているのです。

なぜそうなるか。棚の上に降ってくる光の量は、密度を上げてでも増えません。結局、その一定の光を株数で分け合っているだけです。だから株を増やすと一株の取り分が減って小ぶりになる。ここで間違いやすいのですが、面積あたりの収穫総量　グロスで量った重さは、株数を増やせばある密度まではむしろ伸び続けます。頭打ちになるのは総量のほうではなく、「狙った仕上がりサイズに届いて、規格として出荷できる重さ＝売れる重さ」のほうです。びっしり見えるのに使える重さが伸びていないのは、たいてい規格を割った小ぶりの株が増えている証拠です。

逆に、株間を広く取りすぎれば、限られた栽培スペースを活かせず、単位面積あたりの収穫量が落ちます。植物工場は栽培ベッドを縦に積んで生産効率を高める仕組みですから、スペースはフルに使いたい。けれど詰めすぎると生育に支障が出る。この両立が定植の勘所です。だから順番を逆にします。まず狙う一株の仕上がりサイズと、収穫の手が気持ちよく入る隙間を先に置く。そこから逆算して間隔を決め、植える速さは最後に折り合いをつける。「植える側の上限」ではなく「収穫する側と棚で売れる重さから引いてくる」　この順で考えると、密度はずいぶん見え方が変わります。

なお、この「詰めすぎは損」は、一株の仕上がりサイズで出荷する結球葉物や大株の葉物を想定した話です。ベビーリーフのように本数や総量で売る品目では、一株が規格を割るといふ損が出にくいぶん、ちょうどいい密度はもっと詰めた側に寄ります。釣り合いどころが品目で違う、というだけのことです。

本数ではなく「一株が広げる円」で見る

そうは言っても、現場の手は「もう少し詰めれば本数が稼げる」に引かれがちです。これは欲張りだからではありません。何株植えたかはその場でカウントできるのに、収穫の秒数や規格に届いた重さは、ずっと後にならないと出てこない。手前にある数字に手綱を引かれているだけです。

そこで、手元に置くとよいのは本数ではなく「一株が広げる円」のイメージです。植えるとき、狙うサイズに上がった葉張りの円を一株ずつ頭に描いて、その円が隣とどれくらい重な

るかだけを見る。円がぶつかって食い込み始めたら、それが「光を取り合って規格を割る」と「収穫の手が入らない」の両方の前借りです。もう少し物として残したいなら、定植パネルに、狙うサイズの葉張りと同じ直径の丸を一個描いておく。植えるたびにその丸と目の前の株間を見比べ、丸より詰まっていたら前借りしている、と一目でわかる目印にする。穴ピッチが固定でその場では動かせなくても、次にどのパネルを使うかを決めるときの目安になります。

段差・歩留まり・自動化は別の話

ひとつ、よくある引っかかりに触れておきます。「同じ間隔で植えても、上の段と下の段で上がり方がちょっと違う」。この差の犯人は、たいてい光ではありません。人工光型のラックは、どの段にも同じパネルを同じ高さで付けて、光を段によらずそろえる前提で設計されているのが普通です。残って効いてくるのは温度と気流のムラ　熱は上の段にこもりやすく、風やCO₂の回り方が段や位置でそろわない　のほうです。だから、ある段がいつも小ぶりに上がるなら、密度を段ごとにいじって追いつかせようとしても、定植もパネルも管理が煩雑になるわりに、肝心の原因は手つかずのまま、になりがちです。そこは株間ではなく、空調や送風、設備で直す話になります。

もうひとつ、詰めて葉が組み合うと、株の内側に蒸散をうながす空気が届きにくくなり、品種によっては内葉の先が枯れる　チップバーンのような出方が増えます。葉が立って株間に隙間が残りやすい品種は多少詰めても粘りますが、葉が寝て巻き込む品種は中心がふさがりやすく、詰めに弱い。だから「崩れやすい品種ほど円を大きめに見て、重なる手前で止める」。密度を詰める判断と品種の選び方は、つないで見えるものです。

人件費が気になると「いっそ移植を自動化すれば」という方向に話が向きがちですが、ここは期待値を一段下げて見ておくのが安全です。機械が速いのは「植える速さ」で、取れ高を決めていた受光面積と収穫の隙間　配置の質　は、速く植えても勝手には良くなりません。

最適な株間の見極め、段差を埋める設備への投資判断、移植自動化が採算に合うかどうか

このあたりは、棚あたりの出荷重量という物差しで実測してはじめて判断できる領域です。三つの出口（規格に届く重さ・収穫の秒数・歩留まり）を連動させて測る手順、品種別の仕分け、自動化の現実的な評価は、『172のヒント』で詳しく扱っています。現場の新人としてはまず、植えるたびにパネルの丸と目の前の株間を見比べる　この一瞬の癖だけ持って帰れば十分です。

収穫&トリミング



定植した株が育ちきると、栽培の最終工程——収穫とトリミングです。自分でまいた種が野菜として仕上がる瞬間ですが、同時に、販売へ向けた新しい工程の出発点でもあります。

私は人工光型の植物工場で、葉物の収穫に十年以上関わってきました。この工程でいちばん多く受ける相談が、「速く刈ると品質が落ちる、丁寧にやると数が出ない」という綱引きです。速く刈れるラインを組むと、店頭に並ぶ頃には葉先が傷んでいる。傷まないように手を緩めると、今度は一日の収量が目標に届かない。どちらを立てても、もう片方が崩れる感覚に覚えがある人は多いはずです。

けれど、これは効率と品質を一本の天秤に乗せているから二択に見えるだけです。よく見ると、収穫には別々に回せるつまみが何本かあります。いつ刈るか・どう動くか・何で刈るか——いったん切り分けて見ると、打ち手が増えます。光や温度のような大きな仕掛けはひとまず脇に置いて、現場で今日から動かせるものだけで、話は「速さか品質か」の一本きりではなくなります。

つまみを回す前に、衛生の床を整える

つまみを回す前に、もう一つ先に置くものがあります。「品質の床」です。器具や収穫容器を洗って乾かす、収穫エリアの水やゴミをこまめに片付ける——水耕の葉物では、これが切り口以前の品質を決める土台になります。水気が残ったまま梱包すれば、カビや腐敗の入口になる。私が現場で口を酸っぱくしてきたのもここです。

洗浄・乾燥・片付けは、お金がかからず、今日からできて、やり直しも効く。だから一番先に回せるつまみでもあります。ここがゆるいまま切り口の話をして、足元が抜けたままに

なります。衛生の考え方そのものは、後の「衛生管理の徹底」でまとめて扱いますが、収穫の現場では「菌をどこかから断つ」というより、水気と残渣を残さず、増やさない・広げないという姿勢で十分です。

いつ刈るか——時間帯と刈る日

まずは、一日の中の時間帯です。私が見てきた現場では、午後になると疲れが出て、刈ったぶんが、あとで箱詰め段階で、切り口が荒い、長さがばらついている、と見つかることがあります。逆に始業から昼にかけては集中が続いていて、手が速くても揃っている。

ただし、どの時間帯が荒れるかは現場や人によって違います。朝イチは手も目も冷えていて、最初の一時間がいちばん荒れる、という現場もあるはずですが。だから時間帯を決めつけるより、自分の現場でいつ荒れるかを見て、その帯だけ揃えに振る。荒れる帯が分かったら、その時間は別物だと割り切って、速さのつまみをいったん下げ、長さを揃えることだけに集中する。状態が乗っているときは速度を上げて揃いやすい。同じ収穫でも、時間帯で狙いを分けるわけです。

面白いのは、荒れる帯の品質が安定すると、そのあとの速さもむしろ伸びてくることです。箱詰め段階で直す手直しが減るので、後工程が速くなる。速さと品質を正面からぶつけるより、時間帯ごとにどちらを優先するかを先に決めておくと、両方とも勝手についてくる帯があります。

もう一段ゆっくりした「刈る日」——何日目に刈るか——にも、効くものがあります。収穫予定日を一日ずらしたら、前日は小さい株が混じっていたのに、翌日は揃っていて、刈るのも箱詰めもスッと終わった。そんな経験はないでしょうか。ただ、勘で一日ずらしただけなら、再現できる段取りにはなりません。そもそも株の揃いは、定植の密度や前工程、さかのばれば発芽の揃いで決まる部分が多いので、刈る側だけの話ではない。それでも、揃った日を選んで刈る、という判断は収穫の現場でできることです。

どう動くか——切り口の揃いは動線が変わる

午後、疲れてくると、手首だけでチョキチョキやっている。刈ったぶんを左手に溜めながら、次の株へ手を伸ばす動きが、どこかぎこちない。ところが朝のうち、調子が出ているときは、腕ごと、株に対して体ごと向き直っている。同じ人なのに、です。その「どう動くか」が、切り口の揃いに効いてきます。

手首チヨキチヨキが荒れるのは、たぶん刈る範囲が広すぎて、遠い株に手だけ伸ばしているからです。だから、株を作業台やコンベアに移して処理する局面では、作業台の高さを肘が軽く曲がるくらいに合わせて、手を伸ばす範囲を一步ぶんに狭めます。届く範囲だけ刈ったら、体ごと寄る。そうすると刃を入れる角度が毎回そろうので、切り口がばらけにくい——人工光型の葉物の現場で何度も見てきた手応えです。

姿勢の負荷が下がること自体は、研究でも測られています。植物工場での葉物の収穫を動作解析した報告では、立ったままや高い作業台に比べて、座って作業台を肘の高さに合わせ、作業範囲を狭めると、首を反らす角度も、肩を前に出す角度も小さくなった。ただし、これは独立した作業台に座る場面を測ったもので、多段ラックの上段でその場で刈る局面にそのまま当てはまるわけではありません。効くのは、株を台やコンベアに移して処理したり選別したりする局面です。

何で刈るか——道具より、動きの一定さ

道具の話です。葉物を刈るとき、ハサミを使う人もいれば、ナイフのような刃物でスッと引く人もいます。ハサミか刃物かで揃いが決まるというより、どちらも「同じ角度で同じ位置に刃が入るか」のほうが効いています。ハサミは閉じる位置が決まりやすいぶん長さは揃えやすい。断面はスッと引いたほうが滑らかなこともあります。どちらが優れているという話ではなく、自分の動線に合うほうを選ぶ、という考え方です。

道具まわりでもう一つ、衛生が絡みます。包丁やハサミ、収穫容器は、使ったら速やかに洗って乾かす。切れ味の維持だけでなく、水耕の葉物で持ち込みたくない汚れを断つための、現場の基本です。

トリミング——整える工程が、商品価値を作る

刈り終わったら、トリミングです。トリミングとは、収穫した野菜を整える作業のこと。単なる見た目の話ではなく、商品価値そのものに関わります。形が整ってきれいにトリミングされた野菜は、新鮮でおいしそうに見え、安心感があり、高品質な印象を与えます。葉物野菜なら、外側の傷んだ葉や根元を数枚落とし、中心部のきれいな葉を残す。葉の枚数・長さ・重量・形などの基準は、工場や販売先によって細かく決まっていることがあります。

ここで意識したいのは、トリミングは過剰にやると逆に効く、ということです。傷んだ外葉や根元を落とす作業ですが、除去しすぎると売れる重さがそのまま減る——歩留まりを落とす方向に働く。逆に、傷をつけたり葉をちぎったりすれば、商品価値が落ちる。そして雑な

作業はやり直しが出て、結局時間がかかる。だから選別は、サイズと品質の基準をあらかじめ決めて等級分けしておく、判断が人によってぶれません。

腕の差に見えるものと、設計で底上げできるもの

最後に、ひとつ気づきが残ります。ベテランと新人で収穫量や品質に差が出ると、つい「あの人はまだ腕が」と片づけてしまう。でも、ここまでの話をふまえると、それは腕の問題ではなく、作業台の高さが合っていない、刈る日の段取りが人によって揃っていない、衛生の手順が配られていない、というだけかもしれません。

ここで二つを分けて見ます。設計——作業台の高さ、刈る日の段取り、衛生やトリミングの手順——は、ベテランと新人の「下限」を底上げします。手順が紙一枚で配られていれば、新人の最低ラインが上がる。一方で「上限」、つまり熟練した人の出来高や、難しい局面での見極め、力加減の按配は、これは腕で決まる側です。設計をそろえても消えませんが、消すべきものでもない。

混同すると、もったいないことになります。本当は設計で直せる段差を「あの人はまだ腕が」で片づけると、紙一枚で埋められたはずの差を見落とす。だから、まず設計で下限を底上げして、それでも残った差を、はじめて腕と呼ぶ。順番はそういうことです。

なお、ここから先には、収穫の現場だけでは動かせないつまみもあります。刈る数日前に施肥を絞って葉の硝酸塩を下げる仕込み、光や養液のように収量を上げると栄養価が下がるトレードオフ、そして自動化の機械を入れるかどうかの判断——いずれも収量や採算に直結する深掘りで、「いくらなら見合うか」の見極めが要ります。これらは収穫の入口を超える話なので、考え方の入口だけ置いて、詳しくは『172のヒント』に譲ります。収穫工程の改善は、最後は工場全体の収益に効いてきます。

収穫後の作業



刈り取った野菜は、そのまま置いておけばいいわけではありません。野菜は収穫した瞬間から鮮度が落ちていく。見た目はみずみずしさを失ってしおれ、味は風味が落ちて苦味やえぐみが増し、栄養価も下がっていきます。出荷までの一連の作業が、この鮮度をどこまで守れるかを決めます。

収穫後の作業は、大きく四つです。栽培エリアから作業エリアへ運ぶ運搬（搬出中も温度を保ち、コンテナや台車で衝撃を吸収する）。大きさ・形・重量を規格に揃える計量と選別。袋やパックに詰める包装と梱包。そして適切な温湿度で寝かせる保管。手順としてはこの順に流れていきます。

ただ、ここで一つ見方を変えておきたいことがあります。

品質を確かめる瞬間と、顧客が確かめる瞬間

計量して、包装して、検品して、出荷する。一つひとつをきちんと回している。それなのに、出荷したあとで「葉がしなびていた」「水滴で傷んでいた」とクレームが来る。計量は規格どおり、包装も検品も手順どおり。なのに着いた先で言われる。

よく考えると、こちらが品質を確かめている最後の瞬間は検品台で、顧客がそれを確かめる最初の瞬間は、届いた箱を開けたときです。その間に、輸送の時間と温度と揺れが、まるごと横たわっている。検品で水滴を見落として通すと、密閉した箱の中でその水分が逃げ場をなくし、輸送中ずっと葉を蒸らし続ける。出荷時点では問題なくても、着いた頃には傷んでいる。

つまり収穫後の作業は、いまの状態を確認するだけの工程ではなく、数時間後・数日後の状態をいまここで決めてしまう工程です。だから検品の基準も、「規格内か」だけでなく「開けたときどうなっているか」から逆算して引き直すことになります。

その逆算の一步目は、自分が顧客になってみることです。きょう出した荷から一箱を抜く。出荷棚に置きっぱなしにせず、同じ輸送時間ぶん、同じ温度帯で寝かせて、向こうが開ける時刻に自分で開ける。すると「箱詰め時は問題なし、半日後に水滴、一日後にしなび」と、自社工程の出口で何が起きるかが時間軸に並びます。これは物流のその先まで当てるものではありません。物流に渡す前に、自分の工程の中で仕込んでしまった傷みだけを切り分けるための、ごく安い検証です。

傷み方の三つの型

時間が経って現れる傷みは、ひとくくりに「鮮度が落ちた」で片づけないほうがいい。手で触ると、いくつかの型に分かれます。起きている物理が、それぞれ別ものだからです。

しなび（脱水）は、葉に張りがなく軽い。重さを測れば、出荷時より目減りしているはずで、これは冷やす前の段階で、葉から水分が逃げているサイン。私の現場でしなびが出るときは、たいてい収穫から予冷・包装までの間に、葉を裸のまま乾いた空気に置いた時間が長くなっていました。打ち手は、冷やす前・包む前に乾かさないうこと、葉を露出させる工程を詰めること。包む前にしなびが出やすければ、加湿で葉のまわりの乾きを抑えるのも効きます。ただし注意したいのは、この加湿が効くのは「包む前・しなび側」だけだということ。袋に入れて閉じたあとに湿りをこもらせると、今度は次の二つの側に振れます。同じ「水分」でも、局面で打ち手が逆になります。

水滴（結露）は、袋の内側に粒が付くかたちで現れます。温かいまま密閉してしまった型です。芯まで冷えきっていない葉を袋に入れて封をすると、中の水分が逃げ場をなくして内側で露になる。打ち手は、密閉の前に温度を落としきること、または逃がす包装に変えること。逆に芯まで冷やしきってから閉じるなら、密閉はむしろ水分を保って有利に働く面もあります。密閉そのものが悪いのではなく、冷やしきる前に封じたことが効いている、ということです。

腐敗（蒸れ）は、箱の底段や中心部に出やすい。冷えきる前に積み上げてしまい、中心の熱が抜けなかった型です。打ち手は、積む前に芯温を落とすこと、風の通る積み方にする。ここにもう一つ、温度や積み方だけでは説明のつかない経路があります。腐りには、もともと葉の表面に付いていた菌の数も効きます。器具や容器が汚れていれば、そこで菌をもらって、あとは袋の中の湿りと温度がそれを進める。だから腐敗対策は、特別な殺菌設備を入れることではなく、まずは使った器具・容器を洗って乾かす、作業台の水気を拭き、出た屑をためない、という当たり前の片付けです。菌はもともとどこにでもいて、ゼロにはできま

せん。だから「入れない」より「増やさない・広げない」。これは型を語る以前の、品質の床にあたる衛生のルーティンです。

何度・何分で型が切れるかは、作物によっても包装によっても物流条件によっても動きます。ここで断定はできません。自分の現場で一箱を追い、どこで型が出るかを確かめるのが確実です。

打ち手は「運用 消耗品 設備」の順で

型ごとに打ち手を出したら、今度は別の軸で並べてみます。変えるのにかかる手間とお金の大きさで、打ち手は三つの層に分かれます。

一つ目は、順番・タイミング・動線の層。冷やす順、積み方、葉を露出させる時間は、今日から運用で変えられます。お金はかからず、決めて回すだけ。在庫を出す順番もここです。先に入れたものから先に出す。これを崩して古い在庫を棚に滞留させると、それだけ脱水も腐敗も進む時間を与えることになる。器具を洗って水気を片付ける衛生も、この無料の層に並びます。

二つ目は、消耗品・治具のレベル。包装資材を逃がすものに替える、棚の高さを変える、保冷材を足す。小さな投資で試せて、消耗品の範囲に収まります。

三つ目が、設備・契約の層。予冷库、包装機、物流便の温度帯は、上に話を通す案件になります。

大事なのは順番です。まず一つ目の運用を詰め切る。それで消える型には、設備が要りません。順番を逆にして、本来は運用で消せる型に先に予冷库を買おうと、お金をかけてもその型は消えない。もっとも、これは「運用だけで全部消える」という意味ではありません。芯温を落とす速さや密閉のしかたといった、運用の手直しだけでは届かない型もあります。だから運用から始めるのは、運用ですべてが消えるからではなく、買う前に「どの型が運用で消えて、どの型は設備が要るのか」を安く切り分けるためです。そして一つ目で型を切り分けた記録があれば、設備や契約を通すときにも「どの傷みを止めるために、いくら」と言える。判断材料がそろいます。

収穫後で防げる傷みと、上流で決まる傷み

層に分けて詰めても、それでも残る問いがあります。収穫後の工程で「全部」が決まるわけではない、ということです。

見分け方はこうです。一箱を追ってみて、出荷時は問題なく、半日後・一日後に型が出てくる。しなび、結露、蒸れ。これは収穫後で変えられる側です。時間が経って現れる傷みは、こちらの扱いが作っています。逆に、開けた瞬間からもう切り口が茶色い、葉にすでに傷がある、もともと張りが弱くてすぐへたる。これは時間で出てきたのではなく、最初から入っていたもの。品種の選び方、収穫のタイミング、切り方 収穫そのものか、その手前で決まっていて、収穫後にどう丁寧に扱っても取り返せません。手前で入った傷は、手前に返す。収穫後の作業は、全部を背負う場所ではありません。上流で決まる素性も、価格やブランドも、ここでは変えられない。けれど、自分がここで確定させている範囲 顧客が箱を開けたときの状態 そこだけはきっちり作りきる。いったん買われた荷が次もまた選ばれるか、クレームになって取引が細っていくか。それを分けるのは、開けたときに約束どおりの状態で届いていたかどうかです。

なお、規格に届かなかった葉を廃棄ではなくカット用途や加工原料に回す出口を持っておくと、運用で防ぎきれなかった分が損失のままになりません。どこまで戻せるかは販路の作り方したいですが、この出口設計や、どの型に設備投資を回すかの見極めは、収益に直結する判断です。考え方の入口だけここに置いて、踏み込んだ詰め方は『172のヒント』に譲ります。

従業員の管理と教育

ここまでは苗と数値の話が中心でした。ここからは三層の最後、人と段取りの層に入ります。技術と設備だけでは、植物工場は回りません。それを動かすのは人で、人をどう育てるかが現場の成績を静かに左右します。設備投資に比べると地味に見えますが、実際にはここが一番効きます。

教えるとき、まず壁になるのが「あの人の勘」です。収量が安定しない。理由をたどると、最後はいつも特定の誰かの判断に行き着く。その人がいる日といない日で、現場が変わる。人を増やしても再現性が出ず、教えようとしても、本人がうまく言葉にできない——この不安の根には、たぶん一つの思い込みがあります。勘とは個人の経験と工夫であり、丸ごとその人のもので、外には取り出せない、という前提です。一度、その前提を外してみます。

勘は三つの層に分けられる

ベテランが、いつ収穫するかをふっと決める。あの見極めを次の人にどう渡すか。マニュアルを作れば済む話ではないし、かといって「見て覚えて」では、その人が辞めた瞬間に現場

が止まります。

試しに「何を見て決めたのか」と聞くと、返ってくるのはたいてい「なんとなく」です。でもよく観察すると、葉の色、株の姿、ラックの段ごとの育ちの違い——本人はいくつも見ている。言語化できないだけで、決まった手がかりを見ているのです。この「なんとなく」は嘘でも怠慢でもなく、たぶん事実ですが、「言葉にできない」と「型にできない」はイコールではありません。

私は、ベテランの判断を標準化のしやすさで三つの層に分けて考えています。

- 一層目：計器が読む値。本人の感覚を介さず、数字でそのまま残る。ただし、その数字をどう読むか——校正されているか、どこで測ったか、多段ラックなら段ごとの差をどう扱うか——は、もう次の層の話です。人工光型の葉物でも、同じ室内で気流が淀む段とそうでない段では育ちがずれて、一点の数字だけでは実態を取りこぼします。

- 二層目：条件で分かれる判断。葉色がこうで、この時期で、この出荷先なら採る——という枝分かれの部分。本人が言えなくても、横で「今なぜ採らなかったのか」を何度も聞いていくと、手がかりの候補が拾えてきます。ただし後付けの説明は実際の判断とずれることもあるので、複数回・複数人で照らし合わせます。

- 三層目：手の感触。本当に数値化しづらい、最後まで手に残る部分です。

肝は、最初から全部を型にしようとしないうこと。三層を混ぜたまま「勘」とひと括りにするから、渡りにくくなる。一層目と二層目で言葉にできる分を先に拾えば、勘のかなりの部分は、ふつうの引き継ぎ事項に寄せられます。残るのは、手に残る三層目だけ。そこを切り分けずに「全部見て覚えろ」と言うから、辞めた瞬間に止まるのです。

収穫時期の見極めが、ちょうどこの三層が重なる場面です。種まきや定植からの生育日数という、計器に近い目安はある（一層目）。けれど最後は、葉の色や株の姿といった外観を見て、いま採るか一日待つかを決める。この外観の読みは、言葉にしきれず手に残りやすい（三層目）。数字を土台に置きつつ、最後の見極めは横について実演で渡す——分けて見ると、ここまで素直に整理できます。

言語化は平時の日報に溶かす

二層目を横で何十回も聞いて輪郭を出すには、けっこうな時間と人手がかかります。しかもベテランが現場にいるうちにやらないと間に合わない。ところが現場は、その人が辞めると分かってから慌てて始めがちです。

だから、特別なプロジェクトとして立てるのではなく、日々の作業に溶かしてしまう。現場を止めてベテランを横に座らせて聞き取る形にすると、本人も身構えて続きません。そうではなく、日報や引き継ぎの一行に、判断が割れた日だけ理由を一つ添える。「今日は採らなかった、葉色がまだだったから」。全部の日に書こうとすれば、忙しい時期に真っ先に省かれます。一行なら、日常業務の延長で回ります。

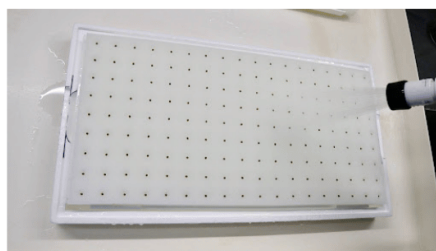
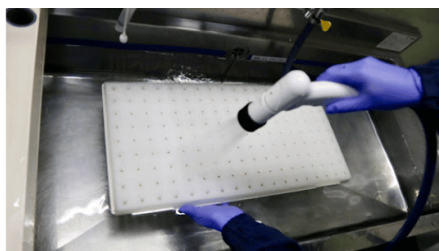
書く人も、ベテラン本人に言語化させるより、隣で作業する若手が「何を・いつ・どうしたか」を一行で書き留めるほうが回ります。本人は「なんとなく」としか言えないのですから、問いを持っている側が記録する。ただし「なぜ」の部分はベテランがその場でひと言答えてくれないと埋まらないので、まだ協力的な平時のうちに進めておきます。溜まってきたら、繰り返し出てくる理由をときどき読み返して条件分岐として束ね直し、若手が書いた一行は「その理解で合っているか」を後でベテランに一言確認してもらおう。間に合わせるというより、間に合う状態を平時に作っておくわけです。

新人教育もこの切り分けの上に乗せます。基礎は全員に——植物工場と従来農業の違い、温度・湿度・光・CO2・養液といった栽培管理の基礎、各工程の手順、衛生管理、品質管理、安全管理。作業に加わる以上、最低限の知識は必須で、特に衛生と品質は重点的に。その先の栽培技術・設備管理・データ分析といった専門は、基礎を終えた人へ段階的に渡していきます。この専門の部分こそ、さきほどの二層目・三層目が詰まっている領域です。

正直に置いておきたいことが一つ。「勘をどう渡すか」と問う前に、そもそも渡さずに済ませられないか、と問う手もあります。計器で測れる部分を増やして二層目を一層目へ押し上げる。作業を設計し直して判断の要る場面を減らす。基準を単純にして、誰がやっても同じ手順に落とす。こうして勘の総量そのものを減らせれば、渡す手間もいらなくなる。これは本筋として正しい方向で、できる分はそちらへ寄せたほうがいい。ただ、自動化や標準化が及びきらない部分はどうしても残る。だからここは「寄せられる分は寄せたうえで、それでも残る分をどう渡すか」を扱っています。どこまで仕組みに寄せ、どこに人とコストをかけるか——その見極めはopex削減の判断そのもので、踏み込んだ考え方は『172のヒント』に譲ります。

この切り分けができれば、勘はもう「その人ごと消えるもの」ではなくなります。

衛生管理の徹底



人を整えたら、その人たちが働く現場の土台——衛生に移ります。植物工場の現場は、病原菌や害虫との付き合いが常につきまといます。新人のうちに一番つまずきやすいのが、この衛生管理です。なぜなら、衛生を「どれだけ洗うか」という掃除の量の話だと思い込んでいると、洗っても洗っても数字が下がらない壁に、いつか必ずぶつかるからです。先に私の立場を一つ書いておきます。菌はゼロにはできません。建物をどれだけ隔離しても、水道水や養液の水にわずかに混じってくる分はあって、温度と水がそろえば、どこかに必ずいます。だから私は、菌が「どこから入ってきたか」を突き止めることには、あまり意味を感じていません。押さえるべきは二つだけです。その菌が増える場所（温床）を作っていないか。そして、一か所で濃くなった汚染を、清浄なはずの場所へ広げていないか。衛生管理は、洗う回数を増やす仕事ではなく、増やさない・広げないの仕事だ、と頭を切り替えるところから始めます。

洗う回数を増やしても下げ止まる理由

「週3回から毎日に増やしたのに、栽培エリアの菌の数字が前と変わらない」。手順書を厚くして、拭く場所を足して、それでもまた同じ数字で下げ止まる。新人のうちは、ここで「自分の掃除が雑なのか」と悩みがちですが、たいていは掃除の量の問題ではありません。

現場を歩くと、妙なことに気づきます。毎日拭いている台はそこそこ綺麗で、あまり人が触らない棚の下や配管の継ぎ目——掃除の手順に入っていない場所のほうが、菌の数字が悪い。洗っている場所と、菌が増えている場所が、そもそもずれているわけです。これは洗浄が足りないというより、結露と有機物が溜まって乾かない場所に、菌が居つきやすいからだと見えています。葉物は水を使います。どうしても低い所・継ぎ目・排水まわりに、水と養液の残りが溜まる。そこは温度も湿度も菌に都合がいい。手順書を厚くして拭く場所を増やしても、増殖の温床そのものが残っていれば下げ止まる——これは現場で何度も見てきました。だから先に見るのは、掃除の表より「水がどこで止まって乾かないか」です。乾く設計になっていれば、そもそも洗う回数の勝負になりません。

水耕や養液栽培では、もう一つ気をつけることがあります。養液が施設の中を循環すること自体が、水の中で動ける菌の増殖を後押しする構造になりうる、という指摘です。ただ、こ

こは誤解されやすいところで、循環そのものが悪なのではありません。十分な流量を確保して、淀ませずに正常に回している限り、循環でリスクが跳ね上がるわけではない、というのが私の見立てです。問題になるのは、流れが止まって水が淀む所、いつまでも乾かない所のほうです。養液系で菌が増えやすいかどうかは、洗う回数の前に、水がきちんと流れているか・滞っていないか、という構造の側が大きく効いてきます。

濃い汚染を清浄域へ運ばない——苗と動線

増える場所を押さえたら、次に効いてくるのが、その菌をどこで濃くして、どこへ広げてしまうか、です。菌そのものは、どこにでも薄く・少しはいる。問題は、薄いはずの菌が一か所で濃くなり、それが清浄なはずの栽培エリアへ運ばれていく経路が、施設の中に残っていないか、です。

運び手は、大きく二つあります。一つは苗。培地や根まわりは、もともと菌が多めの、濃い場所です。それをそのまま栽培エリアに入れば、濃い汚染を清浄なはずの場所に置くことになる。室内をいくら洗っても、苗にくっついてくる分は掃除の回数では減りません。もう一つが、人と物の動線です。育苗、移植、収穫、包装と、本来は清浄度の違う部屋を、台車や人が行き来して横切ってしまう。台車の車輪、長靴、手袋が、汚れた側の濃い菌を、きれいな側へそのまま運んでいる。だから押さえどころは、苗を受け入れる場所を一点に決め、動線を清浄度の高いほうから低いほうへ一方通行に組む、という構造です。逆流させない、戻らせない。濃いところの菌を、薄いところへ持ち込まない。そこを設計で押さえおくと、あとの掃除はだいぶ楽になります。

動線を点検するときは、施設をいったん清浄度で三つに分けて見ると、どこが交差しているかが見えてきます。

|ゾーン|清浄度|おもな場所|押さえどころ||---|---|---|---||汚染ゾーン|低|施設入口、事務所、トイレ、休憩所|外からの汚染の持ち込みを止める||準清浄ゾーン|中|資材準備室、着替え・手洗いの場所|清浄ゾーンへ汚染を移さない||清浄ゾーン|高|播種・栽培・収穫エリア|ここを最も清潔に保つ|

動線は、汚染ゾーン 準清浄ゾーン 清浄ゾーンの一方向に固定します。清浄ゾーンに入る前に必ず準清浄ゾーンを通り、着替え・手洗いで汚れを落としてから入る。準清浄ゾーンを素通りして清浄ゾーンに入らない、というのが基本です。自分の施設で見るなら、ポイントはだいたい決まっています。清浄度の高い部屋から低い部屋へ、人と物がきちんと一方通行になっているか。低いほうから高いほうへ、台車や人が逆流して戻る場面はないか。苗の

受け入れ口が一点に決まっているか、それともあちこちから入っているか。境界を床の色分けやサインで目に見えるようにしておくだけでも、人の動きは変わってきます。従業員が「気をつけている」だけでは、衛生環境はすぐに乱れます。ルールと仕組みで整えるのが現実的です。

構造で消す問題と、運用で動かす問題

ここまでで、菌が増える場所も、濃くなった汚染が広がる経路も、施設の構造の側にあると見えてきました。すると次に効いてくるのが、線引きです。いま目の前にあるのは「構造を直さないと消えない問題」なのか、「掃除や消毒のやり方を変えれば届く問題」なのか。

ここで使えるのが、「まず叩いてみる」という順です。構造の話の先にしても、いまある施設の壁はすぐには動かせません。だから、お金をかけず今日から動かせる洗浄・乾燥のやり方をまず変えてみる。素直に数字が下がるなら、それは運用で届く問題でした。逆に、掃除を倍にしても、特定の場所・特定の季節で律儀に再発する——たとえば梅雨どきだけ同じ南側ラインに戻ってくる——なら、これは構造側のサインだと見ています。叩いても叩いても同じ場所に出る、その下げ止まりこそが、温床が構造側にあることを教えてくれる。もう一つの手がかりは、担当者を変えても同じ場所に同じように出るか。人が替わると変わるなら作業側、誰がやっても同じ場所に出るなら構造側、という切り分けです。

構造側だと分かっても、いまある施設で仕切りや勾配を引き直すのは、建て直しに近い話になります。すぐには手を入れられない。そのときは、運用で「構造の代わり」を効かせます。苗を入れる場所を一点に固定し、台車を清浄度の高い側と低い側で分けて混ぜない。物理の壁がなくても、持ち込みと交差はそれで押さえられます。あるいは時間で区切る。清浄な作業を午前、汚れる作業を午後にまとめて、一方通行を時間で作る。ただし午後の汚れ作業のあとに掃除と乾燥を挟んでリセットしておかないと、その汚れが翌朝に持ち越されて一方通行が崩れます。区切ったら必ず一度リセットする、までが一組です。水まわりも、勾配や排水をすぐ直せなくても、終業後に使わなくなる配管や槽、低い所の溜まり水を抜いて乾かしておくだけで、淀んで増える分はだいぶ弱まります。

消毒は万能ではない——殺菌より正常な循環管理

掃除と乾燥の上に、消毒（オゾンやUV、養液の塩素処理）を乗せる場面もあります。掃除は物理的に汚れを洗い流す工程、消毒はそのあと、洗っても残る病原菌を薬剤で殺す工程です。順番を入れ替えてはいけません。有機物や植物の残渣が残ったまま消毒剤を撒いても、効果が大きく落ちるからです。

ただ、ここで強く言っておきたいことがあります。消毒は、入れれば終わり、という万能の手ではありません。塩素系や二酸化塩素、UV、オゾンといった消毒は、確かに菌を減らせます。けれど効き方は、相手の菌の種類や、薬剤の濃度・接触時間で大きく変わり、ひとつで全部に効く標準処理というものはありません。しかも副作用があります。オゾン処理で養液中の鉄やマンガンが下がってしまったり、狙った病原菌だけでなく、養液の中で役に立っている有益な微生物まで一緒に減ってしまう。狙った菌は減らせても、養液の成分や菌のバランスという「育てる側」を削ってしまうわけです。

だから私は、殺菌設備で抑え込むより、正常な循環管理を徹底する側に立っています。十分な流量を確保して淀ませずに正常に回し、洗って乾かす。その土台を作った上に、必要な分だけ消毒を乗せる。順番はあくまでこちらです。消毒に頼り切るのではなく、構造で温床と経路を断ったところに、補助として消毒を足す。殺菌設備を入れたから安全、ではなく、正常に回っているから清潔に保っている、という順で考えてください。

安全という言葉が束ねている三つの層

衛生管理を突き詰めていくと、いずれ「うちの野菜は安全か」という問いに行き当たります。出荷先のバイヤーや消費者から、そう聞かれる場面が出てくる。ここで一つ、新人のうちに整理しておきたいことがあります。「安全」という一語は、実は性質の違う三つの層を束ねている、ということです。

一つ目は、無農薬という層。これは「入口で何を入れなかったか」の話で、商品ラベルに近い。農薬を使っていない、という点しか語っていません。水のこと、虫のこと、衛生のこと、無農薬という言葉は何も保証していない。「無農薬だから安全」は、一番言いやすい言葉を全部の心配に貼り付けているだけ、とも言えます。

二つ目は、微生物という層。施設の中で菌が増え、水路を伝って広がりうる、という運用のリスクです。植物工場は閉じているから安全、とよく言われますが、閉じているということは、中で何か起きたとき、水や空調を通じて全部がつながっている、ということでもある。一つの棚で菌が出れば、それが水路に乗って隣のラインへ回りうる。安全を見る単位が「一株」ではなく「水路でつながった範囲」になる、というのがこの層です。ただし、これは「閉じている = 必ず全滅」という話ではありません。むしろ逆で、十分な流量で正常に循環し、きちんと管理された水耕設備なら、病原菌が蔓延するリスクはもともと低い。要は、その水路をどう区切り、循環をどう正常に保つかが問われる、ということです。

三つ目は、契約という層。何か起きたときに、どのロットまで遡って回収するのか。設備が止まって一帯がだめになったとき、契約と保険はどう動くのか。出荷先が本当に気にしているのは、農薬の有無ではなく、たいていこちらです。広がったときに、誰がどこまで負担するか、という取り決めの話です。

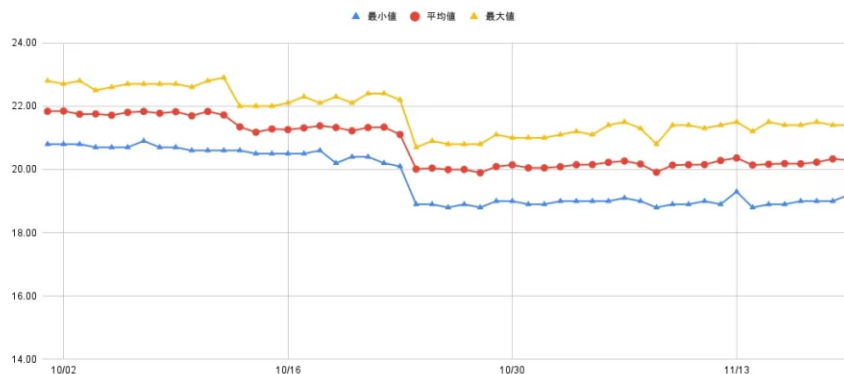
同じ「安全」という言葉が、本当は層の違う三つを束ねている。だから、聞かれたときに混ぜて答えると、かみ合いません。消費者が「なんとなく人工的で不安」と言っているのに、「水系を分けています」と技術の中身を返すと、「そんなに管理しなければ危ないのか」と、かえって不安にさせてしまうことがある。新人のうちに身につけたいのは、相手が心配している軸を一つ引き出して、その軸についてだけ事実を返す、という構えです。農薬を聞かれたら「使っていません」。水を聞かれたら「肥料を溶かした培養液で、濃度や入れ替えをこう管理しています」。衛生を聞かれたら、ゾーニングや乾燥の話。安全と言い切るより、何をしていた何をしていないかを並べるほうが、相手の不安にちゃんと届きます。

そして、自分の言葉で返せる範囲と、検査に渡すべき範囲は別だ、ということも覚えておいてください。培養液の濃度や入れ替えの頻度、収穫日、栽培環境は、自分の記録ですから、聞かれれば自分の言葉で返せます。一方、残留農薬の検査値や菌数、産地のトレーサビリティは、自分で「やっています」「使っていません」と言っても、それは自分の言葉でしかなく、相手が取引の根拠にできる証拠にはなりません。ここは第三者の検査や記録に渡すべき範囲です。出せないものは「対応していません」と早めに伝えるほうが、無理に「安全です」で押し切るより、結局は信用されます。

葉物野菜は収穫後に洗浄しないケースが多く、栽培中の衛生環境が、そのまま商品の衛生状態になります。衛生管理は地味で、終わりのない仕事です。認証を取った時点でも、検査が陰性だった時点でも、ゴールにはなりません。まず洗って乾かして叩き、それでも残る下げ止まりを構造のサインと読む。菌が増える場所と、濃い汚染が広がる経路を断ち、消せる所と動かす所を分けて、どこに繰り返し出るかを見続ける。この地味な構えが、最後に効いてきます。なお、点検項目を原因・結果・態度の三段でどう組むか、出荷先（量販・外食・給食）ごとに何を厚くするか、仕様書の基準値や契約・保険の詰めといった話は、現場管理というより事業設計の領域に入ります。考え方の入口だけここに置いて、踏み込んだ実務は『172のヒント』に譲ります。

データ分析

栽培室 温度



ここまでの工程は、回しながら記録を残してきました。最後に、その記録を判断につなげるデータ分析です。「分析」と聞くと身構えてしまうかもしれませんが、出発点は新しい仕組みを買うことではなく、もっと手元にあります。ベンダーから「まずはセンサーを増やしてデータを集めましょう」と言われる前に、押さえておきたい順番の話です。

記録は溜まっているのに見るのは事故のあと

温度・湿度・収穫量を毎日の日報に付け、電気代も毎月記録している。それ自体は続いている、という現場は多いはず。問題は付けた後です。誰かがちゃんと見ているかという、あやしい。収穫が落ちたとき初めて遡って、「あのとき確かに数字がおかしかった」と後から気づく。電気代も眺めて「高いね」で終わる。データはもう手元にいっぱいあるのに、見るのが「何か起きた後」ばかりなのです。

足りないのは新しいセンサーではありません。今あるものを誰がいつ見るか、そこが抜けています。見方には二種類あって、事故が起きてから遡る「後追い」と、何も起きていない平常時に定点で見る「定期点検」。後追いは手遅れなので、原因の答え合わせにしかありません。

だから新しい仕組みを買う前に決めるのは、誰がいつ見るか、それだけです。私が人工光型の葉物の現場で続けてきたやり方を一つ挙げると、朝の十五分、前日の日報を一人が声に出して読み上げる。温度・湿度・収穫量を、異常がなくても毎朝です。すると「いつもより高いね」が、事故になる前の小さな違和感の段階で引っかかります。電気代も月一回ではなく毎週ざっと見るだけで、「この週だけ妙に高い」が空調の効きすぎや扉の閉め忘れとして見えてくる。閉鎖環境で照明と空調をずっと回している人工光型では、私の現場ではこのあたりがいちばん早く出ました。

同じ数字でも、起きてから見ればただの記録、平常時に毎日見れば「いつもの差」を測る物差しになります。データ活用は、まずその切り替えだけで大きく進みます。

平常の幅を物差しにして、判断を一人に背負わせない

最低限そろえる記録は何か。経営判断のもとになるという観点で並べると、生産（毎日の収穫量と、できれば歩留まり）、コスト（電気代と、人手や資材の使い方）、品質（出荷の等級や、規格外がどれくらい出たか）の3種です。これらはいわゆる別々の帳面やレシートにばらばらに残っているはずなので、新しく測り始めるのではなく、すでにあるものを同じ場所に並べる。最小セットづくりは、まずそこからです。

朝十五分の読み上げを毎日続けると、しばらくすれば読み上げは儀式になります。慣れて、流れる。私が見てきた範囲では、これはほぼ必ず起きました。だから二つの工夫がいます。一つめは、最初の物差しの作り方です。何が「いつもと違う」かは、最初は誰にもわかりません。だから始めのうちは判断しないと割り切って、ただ数字を並べることだけをやります。同じ時刻・同じ場所の温度を毎朝並べていくと、「うちはだいたいこのへん」という幅が自然と見えてきます。その幅を「朝の気温はこのあたり」と一行、自分の現場の実際の値で紙に書いておく。平常の幅をいったん文字にしてしまえば、物差しは個人の感覚から外れて、誰が読んでも同じになります。最初から正解の基準を決めようとしなくていいのがコツです。

二つめは、見る人が一人だと感覚が偏るという点です。読み上げは一人にやらせるけれど、判断は一人にさせません。読む人は毎日固定でいい。ただ「これいつもと違う気がする」と思ったときだけ、その場でもう一人に「これどう思う?」と振る。慣れて流れるのを防ぐのも、実はこれです。毎日完璧に集中するのは無理ですから、引かなかったときだけ声に出して二人目を巻き込むルールにしておく。流し読みでも、ひとつ引っかければ止まれる仕組みになっていけばいい、という考え方です。

慣れるのは前提です。慣れても捨てる形にしておく。完璧な集中力に頼る運用は、まず続きません。見る人と判断する人を分けて決めておくのは、地味ですが効きどころです。

計測を足すのは、切り分けの壁にぶつかってから

朝の読み上げや週次の電気代で「いつもと違う」が拾えるようになると、必ず次の壁が来ます。差は見えるのに、なぜそうなったかが手元の記録では分けられない、という壁です。たとえば収穫が落ちて電気代も上がっていた、でも日報の温度は平常の幅の中にある。ここで「空調なのか、水なのか、別の何かなのか」を言い当てられない。手元の記録では切り分け

が止まる。そこが初めて「計測を足す」サインです。逆に、その壁にぶつかる前にセンサーを足しても、見る習慣がないから結局眺めて終わります。順番が逆なのです。

この順番が素直に効くのは、人工光型の葉物のような閉鎖環境ほどです。変数が比較的少なく、日報と電気代で多くを拾えるから。外気や日射に振り回される太陽光型や、変数の多い果菜の領域では、最初から複数の計測がないと話にならない場面もあるはずで、私が当てて考えているのはあくまで閉鎖環境のほうの話だと受け取ってください。

もう一つ、計測を足すなら「それを誰がいつ読むのか」を運用に乗せられるかも一緒に見ます。朝十五分の枠に一行足せるくらいの計測なら続きます。専用画面を毎日別開かないと見えないものは、どんなに高機能でも、いずれ誰も見なくなる。これも私が現場で何度も見てきたことです。だから足したら、必ず古い行をどれか一つ落とせないか考える。読み上げの枠は十五分で固定、行数も増やしません。最初の頃に並べた温度が「だいたいこのへん」で安定して長く外れないなら、毎朝声に出す必要はもうない。週次でたまに確かめるほうに落とせます。枠を増やさず、中身を入れ替える。足す判断と落とす判断はセットです。

別枠で回しておく計測——故障検知と校正

ここまでは「切り分けのための計測は壁に当たってから」という話ですが、それとは別枠で、最初から回しておく計測もあります。

故障や病害のように、気づいた時には手遅れで取り返しのつかない異常は、平常時の読み上げでは間に合いません。連続して監視してアラートを上げる計測は、困りごとを待たずに置いておくものです。夜間や欠員で人の目が届かない時間も、手運用で埋めようとせず連続監視に任せます。

もう一つは、物差しそのものの校正です。センサーがずれた値を返していれば、せっかく書いた平常の幅まで歪み、データの側で「後追い」を作ってしまう。機器が正しい値を出している保証は、運用の前提として定期的に取り直しておく。あわせて、幅を書いた紙は人が代わるたびに更新して引き継ぐこと。この二つは属人運用が崩れる典型なので、最初から決めておくと楽です。

始まりはセンサーではなく一枚の紙

「うちはそもそもセンサーもIoTも入れていないから、データ活用なんてまだ先の話」。そう感じて入口で止まってしまう人もいますが、始まりはセンサーではなく一枚の紙です。まだ何も記録していないなら、IoTを買いに行く前に、もともと気にしている数字をひとつだけ選

んで、毎日同じ時刻に書き留めてみてください。温度計の値と収穫量、あるいは毎月届く電気代だけでもかまいません。いちばん入りやすいのは電気代です。請求書として毎月届いているものですから、「眺めてファイルにしまう」を「今月の数字を先月の隣に、一か所に並べて書く」に変えるだけ。それでも立派なデータ活用です。「誰がいつ見るか」という問いは、比べる数字が二つになった瞬間から始まります。

並べた数字を読む力は、項目を絞っても育ちます。私が人工光型の現場でよく見ていたのは、トリミングで出るゴミの割合です。「今日はゴミが多かった」で終わらせれば何も残りませんが、同じ数字から、その日の作業の丁寧さ、栽培工程のどこかの不備、株を詰めすぎているか　いくつかの側面が読めます。ひとつの数字でも、平常の幅と並べて「今日はなぜ高いのか」を問うだけで、打てる手の幅が変わってきます。高い機材より先に、この読み方のほうが効きます。

最後に、正直な線引きです。手元の記録の運用でカバーできるのは、「違いに気づいて、自分で手を打てる」範囲。温度がいつもと違う、扉が開いていた、給水を切り忘れた　原因が自分たちの毎日の運用の内側にあると、違いが見えれば手を伸ばして直せるもの。そこがこのやり方のいちばん効くところで、しかも多くの人が思っているより広いのです。

手を離すのは二か所だけです。ひとつは切り分けの壁。違いは見えるのに手元の記録では原因を分けられず、勘で外すと本当にお金がかかる、というとき。そこで初めて計測を足し、できればそういうデータを生業として読む専門家に入ってもらいます。もうひとつは、電気の容量・配線・薬剤・構造といった、安全や設備そのものに触れる話。そこは自分の物差しで実験は一切しません。失敗の代償が「収穫が落ちる」ではなく、取り返しのつかないものになるからです。目安はこうです。数字を読んで「何をすればいいか」が分かるなら、自分の枠に残す。読んで分かるのが「自分より詳しい誰かが要る」ということだけなら、そこが境目。そして、その境目に早く気づけること自体が、毎日見る習慣が教えてくれるものの一つなのです。

なお、どの項目をどう並べるかでゼロから迷うなら、私が現場で使ってきた記録のフォーマットを「現場管理テンプレート13種」としてそのまま配っています。そっくり当てはめるためのものというより、自分の現場に何が足りていて何が過剰かを照らすチェックリストとして見てもらうのがいいと思います。最適値の見極めやコスト削減の判断まで踏み込んだ話は、『172のヒント』にゆずります。手元の記録を物差しに変えられたら、その次の一歩として読んでみてください。

3章のまとめ

- 現場管理は、苗を読む・数値を見張る・人と段取りを整えるの三層に分かれる。別々に身につけ、噛み合って初めて現場が回る。まず仕組みと読み方を頭に入れ、いま困っている層から手をつける。
- 生産計画は出荷から逆算して組む。出荷・栽培・人手は速さの違う三つの時計なので、緩衝（クッション）を別々に持ち、栽培だけはリードタイム分を前倒して動かす。
- 播種で見るべきは発芽率より「揃い」。立ち上がりの幅は入口で決まり、後から吸収するにはコストがかかる。ばらつきは、まず温度のムラから疑う。
- 育苗は最終収量への投資。徒長させず、大きさより揃いを作る。葉が重なり始めたら移植のサイン。
- 定植の株間は、植える都合でなく出荷（狙うサイズと売れる重さ、収穫のしやすさ）から逆算して決める。
- 収穫は「速さか品質か」の二択ではない。いつ刈るか・どう動くか・何で刈るかを切り分け、まず衛生の床を整える。設計で下限を底上げし、残った差をはじめて腕と呼ぶ。
- 収穫後の作業は、顧客が箱を開けたときの状態をいま決める工程。傷み方を型で見分け、打ち手は運用 消耗品 設備の順で。手前で入った傷は手前に返す。
- 人の勤は三層に分けられ、計器が読む値・条件で分かれる判断は平時の日報に溶かして渡せる。寄せられる分は仕組みに寄せ、残る分を渡す。
- 衛生は「入口を塞ぐ」でなく「増やさない・広げない」。温床（乾かない場所）と運び手（苗・動線）を断ち、殺菌に頼らず正常な循環で管理する。
- データ分析は、新しいセンサーより「誰がいつ見るか」が先。平常の幅を物差しにして、事故の前に違和感を拾う。始まりは一枚の紙でいい。

現場の土台になる知識は、これでひととおり揃いました。ここから先、覚えた基礎を自分の現場で確かなものにし、その上に「利益が残る工場をどう作るか」を積み上げていく——その具体的な見極め方は、収益性に特化してまとめた『植物工場の収益性を高める172のヒント』に譲ります。まずはこの章の基礎を、自分の手と目になじませてください。

おわりに

ここまで、植物工場という仕事の全体像を、業界の将来から栽培の基礎、現場の実践まで一通り歩いてきました。読み終えたあなたは、もう「何が起きているのか分からないまま現場に立つ新人」ではありません。設備を見ても、数値を見ても、人の段取りを見ても、それが全体のどこに乗っている話なのかが、おおよそ見当がつくはずです。まずはそこまで来たことを、自分で認めてあげてください。

ただ、正直に言うておきます。本書はあくまで土台です。ここに書いたことは、読んだだけでは半分しか身につけません。残りの半分は、明日あなたが現場で一回試して、思ったとおりにはいかなくて、もう一度やってみる——その繰り返しのなかでしか入ってきません。知識は、使って初めて自分のものになります。だから本書は、机の上で完結させる本ではなく、現場に持って入って手垢をつけてもらう本のつもりで書きました。

そして、土台の上に「利益が残る工場をどう作るか」を積んでいく段になったら、収益に直結する一歩踏み込んだノウハウは、姉妹編『植物工場の収益性を高める172のヒント』にまとめてあります。最適値をどこに置くか、コストとどう天秤にかけるか——本書で「ここから先は現場の数字で詰める領域」と何度か線を引いてきた、その先です。もし一人で詰めきれない、自分の現場を見てほしいということがあれば、私のコンサルティングで直接ご一緒することもできます。どちらに進むかは、いまのあなたの現場が決めてくれます。

最後に一つ。植物工場は「稼げない」と言われることがあります。でも私は、人工光型の現場で葉物を十年以上見てきて、やり方次第でまだ良くなる余地は十分にある、と思っています。小さな改善が、思いがけず大きな差になって返ってくる場面を、何度も見てきました。あなたがこれから立つ現場にも、まだ手をつけられていない余地が必ずあります。それを見つけて動かしていくのが、ここからの仕事です。

行ってらっしゃい。現場で待っています。