

実証園芸施設における環境データ測定と栽培環境の管理

CONTROL OF CULTIVATIONAL CONDITION BY USE OF MEASURED ENVIRONMENTAL DATA AT OUR EXPERIMENTAL HORTICULTURAL GREENHOUSE

中島 広志*¹, 三浦 玄太*¹, 大島 佳保里*¹

Hiroshi NAKAJIMA, Genta MIURA and Kaori OSHIMA

At our experimental horticultural greenhouse which was built in Joso City, Ibaragi Prefecture, we have been measuring environmental data such as temperature, humidity, concentration of carbon dioxide, illuminance, atmospheric pressure, temperature of culture medium, electric conductivity of culture medium and water content of culture medium.

These measured data are used to operate equipment such as side windows, roof windows, heater, carbon dioxide generator and soil heater to adjust cultivation conditions like temperature in the greenhouse, concentration of carbon dioxide and temperature of cultural medium.

In this report, we reviewed data measured during the first season, evaluated how we were able to control environment in the greenhouse and considered what we should do to improve environment in the greenhouse from next season.

Keywords : *Horticultural greenhouse, Data measurement, Cultivational condition*

園芸施設, データ測定, 栽培環境制御

1. はじめに

首都圏中央連絡自動車道常総インターチェンジ周辺地域では、常総市が中心となって、常総インターチェンジ周辺地域整備事業が実施されている。本事業では、農業生産から農産物の加工、販売、物流などを対象地内で一貫して行う、いわゆる「農業の6次産業化」を実現する産業団地（農産物の生産を行う農地的土地利用エリアと、物流施設、食品加工施設、道の駅など産業的な土地利用を行う都市的土地利用エリア）の形成を目指している。

当社は土地造成工事を受注すると同時に、常総市と地元地権者団体と共同で、本事業の総合的な推進の役割を担う事業協力者として参画している。

この事業協力の一つとして、イチゴの栽培を例に、栽培技術や農業経営ノウハウの蓄積、地元住民への施設園芸への理解促進・普及推進を目的として、イチゴの施設園芸栽培を実践する実証園芸施設「TODA農房」を建設し、様々な検討を実施している。

実証園芸施設では、屋外および栽培ハウス内において、外気温、ハウス内温度、二酸化炭素濃度などの環境データを測定し、測定したデータを側窓・天窓・加温機などの設備機器の運転制御に使用し、ハウス内環境をイチゴの栽培に適した範囲に収まるよう管理している。

本報告では、上記観測データによる設備・機器の運転制御、栽培環境の制御状況を解析・評価し、今後の改良の方向性について検討した結果を述べる。

2. TODA 農房の概要

2.1 施設概要

施設名称：TODA 農房

所在地：茨城県常総市内

運営期間：2017年3月～

主要設備：高設養液栽培ベッド、自動給液システム、環境制御システム、環境測定システム、

栽培作物：イチゴ（品種：紅ほっぺ）

施設構成：

- ① 栽培ハウス：軽量鉄骨造フィルムハウス
間口 8m×2 連棟×奥行 30m, 面積 480 m²
- ② 育苗ハウス：押込み型パイプハウス, 間口 6.3m
×奥行 29m, 面積 183 m²
- ③ 選果・出荷作業所棟：鉄骨造 1 階建ユニット
ハウス, 面積 54 m²



写真-1 高設栽培ベッド（栽培ハウス）

*1 戸田建設備技術開発センター 修士（農学）

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Agr.

2.2 環境測定と栽培環境制御

実証園芸施設では、ハウス内および屋外に設置した各種センサーにより、気温や湿度などのデータを測定している。栽培ハウス内および屋外の測定項目を表-1に示す。

また、測定した各種データに基づいて、ハウス内の各種設備・機器の運転を自動制御し、ハウス内の栽培環境を目標値に近づけるように管理している。表-2に管理した栽培環境項目と自動制御した機器、管理目標値を示す。

表-1 測定データ

| 計測場所 | 計測項目 |
|-------|---|
| 栽培ハウス | 温度、湿度、二酸化炭素濃度、日射量、気圧、培地温度、培地電気伝導度、培地水分量 |
| 屋外 | 気温、湿度、日射量、風向、風速、紫外線量、降水量 |

表-2 管理した栽培環境項目と自動制御した機器

| 栽培環境項目 | 制御機器 | 管理目標値 |
|---------|-----------|---|
| ハウス内温度 | 側窓、天窓、加温機 | 8℃～25℃ (時期によって変動) |
| 二酸化炭素濃度 | 二酸化炭素発生装置 | 700ppm以上 (日の出～11時) 400ppm以上 (11時～日没) |
| 培地温度 | 温湯ボイラ | 13℃以上 |

3. 環境測定・管理結果

3.1 ハウス内温度

ハウス内の温度管理は、側窓、天窓、加温機(写真-2～4参照)を使用して行う。表-3にハウス内温度制御機器の概要と制御方法を示す。

ハウス内温度の測定、制御の事例を2つ示す。1つ目の事例として、図-1に10月の晴天日(2017.10.17)における気温とハウス内温度の測定結果を示す。10月はハウス内の温度を10℃～25℃の範囲に収まるように各機器の運転を制御している。



写真-2 側窓（巻き上げ式）



写真-3 天窓（はね上げ式）



写真-4 加温機（灯油炊き）

表-3 温度制御機器の概要と制御方法

| 温度制御機器種類 | 機器概要と制御方法 |
|----------|--|
| 側窓 | ハウスの側面フィルムを巻き上げて開口部を作り、ハウス内温度を下げる。開口幅は5段階で、ハウス内温度が設定温度以上のときに段階的に作動させる。 |
| 天窓 | 大棟部に設置したはね上げ式窓により開口を作りハウス内温度を下げる。開口度は4段階で、ハウス内温度を設定温度以下にするように作動させる。 |
| 加温機 | ハウス内温度が設定温度になると灯油を燃焼し、ハウス内を加温する。 |

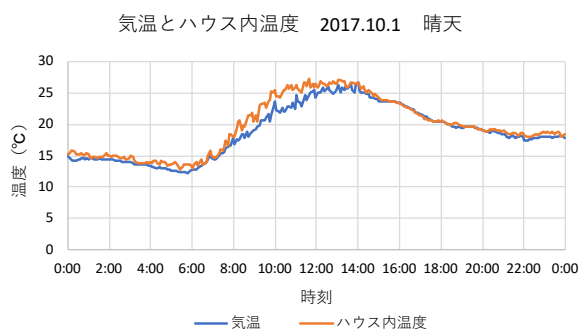


図-1 気温とハウス温度(10月晴天日)

ハウス内温度は1日を通して、10月の管理目標値(10℃~25℃)の範囲内に概ね収まっている。加温機の設定温度は10℃としているが、気温が1日を通じて10℃以下になっていないため、加温機は全く作動していない。

6時頃から気温が上昇し、気温が15℃以上になると、側窓が段階的に開放されることで外気が流入し、ハウス内温度を低下させるように働くが、気温の急激な上昇に若干追いついておらず、ハウス内温度と気温との間に最大3℃程度の差が生じている。

ハウス内温度が25℃に達すると天窓が開き、ハウス内の暖気が放出される。ハウス内温度が25℃を大きく超過している時間はほとんどないことが確認できる。14時以降は気温が徐々に低下するのに合わせてハウス内温度も徐々に低下しており、気温とハウス内温度の間に大きな差は生じていない。

気温とハウス内温度の差に着目すると、午前中の気温上昇時に気温とハウス内温度との差がやや大きくなっているが、環境制御の自在性を高めるためには、この差は小さいほうが望ましいと言える。気温とハウス内温度との差が生じた原因は、側窓の開放による空気移動が効果的に行われなかったためと考えられる。対策としては、側窓の作動温度と天窓の作動温度を同じ温度に設定し、側窓から流入した外気を天窓から効率的に排出するのが効果的と考える。

2つめの事例として、図-2に1月の晴天日(2018.1.1)気温とハウス内温度の測定結果を示す。1月はハウス内温度を8℃~23℃の範囲に収まるように制御を行っている。側窓の作動開始温度は13℃、天窓の設定温度は23℃、加温機の作動開始温度は8℃である。

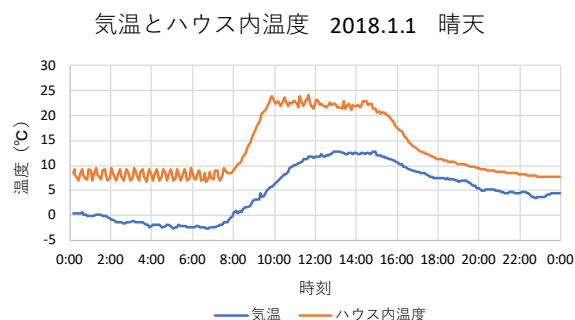


図-2 気温とハウス温度(1月晴天日)

夜間の気温は氷点下であり、ハウス内温度は夜間徐々に低下する。ハウス内温度が8℃以下になると加温機が作動し、8℃~10℃の間に維持している。ハウス内温度は1日を通して、1月時の管理目標値(8℃~23℃)の範囲内に概ね収まっていることが確認できる。

気温とハウス内温度の差に着目すると、午前中の気温の上昇に対して、ハウスの温度はより急激に上昇していることが確認できる。これは、10月の事例と同様に側窓と天窓の設定温度が異なっており、側窓が単独で作動したときのハウス内温度低下機能が十分に発揮できていないためと考えられる。

3.2 二酸化炭素濃度

光合成を促進し、果実などの成長を促進するために、二酸化炭素発生装置(写真-5)を使用して二酸化炭素濃度を上昇させている。表-4に機器の概要と制御方法を示す。

管理目標値は日の出から11時までは700ppm以上、それ以降は400ppm以上としている。二酸化炭素濃度は、日射量が高い時間帯には1,500ppm程度まで上昇させるのが望ましいが、日中は側窓、天窓を開放しており、燃料の浪費になる。したがって、日の出から11時頃まで二酸化炭素濃度の管理目標値を700ppm以上にし、11時以降で側窓・天窓解放時は、二酸化炭素発生装置を稼働させずに、外気と同等の二酸化炭素濃度が維持されるようにした。

図-3に1月の晴天日の事例として、2018.1.31のハウス内の二酸化炭素濃度と日射量の測定結果を示す。



写真-5 二酸化炭素発生装置(灯油炊き)

表-4 二酸化炭素濃度制御機器の概要と制御方法

| 制御機器 | 機器の概要と制御方法 |
|-----------|---|
| 二酸化炭素発生装置 | 二酸化炭素濃度が、時間帯ごとに設定した濃度を下回った時に灯油を燃焼させて二酸化炭素を発生させる。今回の設定では、日の出~11時までは700ppm以上になるように作動させ、11時以降、かつ、側窓、天窓が開放している場合は、装置を作動させない設定とした。 |

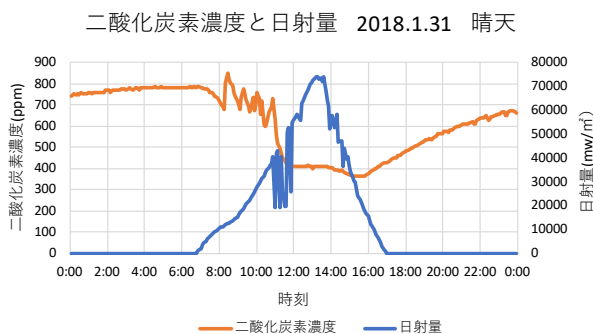


図-3 二酸化炭素と日射量(1月晴天日)

植物は日射の無い時間帯は呼吸により酸素を消費し二酸化炭素を放出している。気温が低く側窓・天窗とも閉鎖されているため、日没以降ハウス内の二酸化炭素濃度は徐々に上昇する。

日の出後、日射量が増えると光合成が行われ、二酸化炭素濃度が下降し始めるが、700ppm以下になると二酸化炭素発生装置が稼働するため、700ppm前後で二酸化炭素濃度が維持される。11時以降は二酸化炭素濃度に関わらず、二酸化炭素発生装置は稼働しないため、結果として外気とほぼ同等の濃度(約400ppm)が維持される。

1日を通した二酸化炭素濃度は、11時ごろまでは700ppm前後で推移し、その後日没まで外気と同程度の400ppm前後で推移しており、概ね意図した制御ができていたことが確認できた。

日射量は13時過ぎをピークとして11時から15時位まで高い水準となっている。この時間帯の二酸化炭素濃度をより高く維持することができれば、光合成がより活発に行われ、収穫量の増加につながる事が明らかである。現状は、燃料の浪費を防ぐために11時以降は二酸化炭素発生装置を作動させていないが、15時頃まで二酸化炭素発生装置の稼働を延長することも検討する必要があると考える。

3.3 培地温度

表-5に培地加温機器の概要と制御方法を示す。

冬の低温時にイチゴを植えている培地温度が低くなりすぎると根の活性度が弱まってしまうため、培地内に設置した温湯管に温湯を循環させ培地の間接加温を行っている(図-4参照)。温湯は温湯ボイラ(写真-6)を使用して作成している。

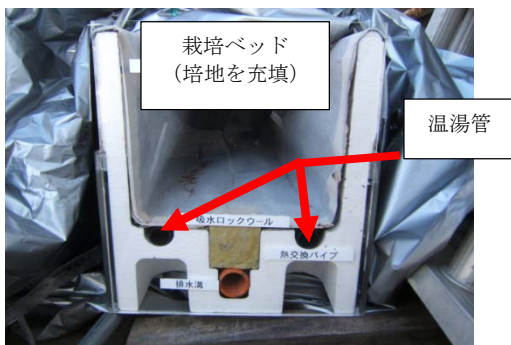


図-4 栽培ベッド内温湯管



写真-6 温湯ボイラ (灯油炊き)

図-5に1月の低温日(2018.1.15)の事例として、ハウス内温度と培地温度の測定結果を示す。温湯ボイラの設定温度は13℃である。

表-5 培地加温機器の概要と制御方法

| 制御機器 | 機器の概要と制御方法 |
|-------|---|
| 温湯ボイラ | 培地温度が設定温度以下になると、温湯ボイラ(灯油炊き)により温湯を作成し、栽培ベッド内に設置した温湯管を循環させて培地を間接的に加温する。 |

ハウス内温度と培地温度 2018.1.15

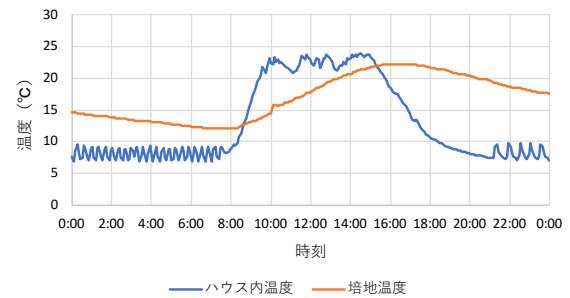


図-5 ハウス内温度と培地温度と日射量(1月低温日)

夜間の低温時のハウス内温度は加温機によって8℃~10℃に維持されている。夜間の培地温度はハウス内温度より高くなっているが、ハウス内温度に近づくように徐々に低下し、培地温度が13℃以下になると温湯管に温湯が循環され培地の温度は12℃~13℃に維持されている。

4. まとめ

2017年3月から運営している実証園芸施設「TODA農房」では、ハウス内および屋外で測定した気温や湿度などの測定データを用いて、各種機器類を制御し、ハウス内温度、二酸化炭素濃度、培地温度などを制御している。

ハウス内温度の制御では、側窓・天窗・加温機の組合せによって概ね目標管理値内に制御ができていたことを確認した。側窓のみが単独作動した場合のハウス内温度の低下効果が乏しく、より効果的な方法として天窗との同時作動が推奨される。

二酸化炭素濃度の制御では、二酸化炭素発生装置の稼働により、概ね目標管理値の範囲内で制御できていたことが確認できたが、11時~15時の強い日射量を光合成により有効に利用する必要性が示唆される。

培地温度の制御では、温湯ボイラの作動により、概ね目標管理値の範囲内で制御ができていたことが確認できた。

参考文献

- 1) 古在 他「最新施設園芸学」, 朝倉書店, 2006.1
- 2) 森下「イチゴの基礎知識」, 誠文堂新光社, 2014.8
- 3) 日本施設園芸協会, 日本養液栽培研究会共編, 「養液栽培のすべて」, 誠文堂新光社, 2012.7