

# エゴマ栽培のための温泉余剰熱を利用した完全人工光型植物栽培工場の設計について



**酒井 隆**  
水環境部門 地域デザイングループ 課長代理  
t.sakai@shinnihon-cst.co.jp



**西田 宏**  
水環境部門 地域デザイングループ 次長 (RCCM 造園部門)  
nishida@shinnihon-cst.co.jp



**阿曾 克司**  
取締役 水環境部門 本部長  
新エネルギー開発室 統括責任者 (博士(工学) 技術士 建設部門・総合技術監理部門)  
aso@shinnihon-cst.co.jp

keywords: 低炭素農業、6次産業化、環境、健康、水耕栽培、完全人工光型植物工場

## 1. はじめに

平成23年に国が戦略的に取組みを行う「環境未来都市」に選定された富山市は、翌年に「富山市環境未来都市計画」を策定し、コンパクトシティ戦略による富山型都市経営の構築を目指し、現在15の事業について取組みを行っている。

本事業は15の事業のうち、「農商工連携による環境と健康をテーマとした多様なビジネスの推進」に位置づけられており、その内容は6次産業化(農商工連携)に挑戦する農業者等を官民学が連携して支援する仕組みの構築を目指すものである。そのなかで、本事業は、牛岳温泉に環境負荷低減を考慮した植物栽培工場を建設するものであり、建設した植物栽培工場は共同企業体が運営、管理を行い、健康に資する植物を生産、加工、販売を行っていく事業計画となっている。

弊社はこの事業のうち、植物栽培工場の設計と施工監理業務に携わっており、本稿は同計画の設計内容について紹介するものである。

## 2. 基本方針及び検討項目

前記した上位計画における本事業の位置づけより、基本方針を「環境と健康を考慮した植物栽培工場の整備」と設定し、この方針を受け、植物栽培工場整備において検討すべき項目を以下のように健康と環境に分けて整理を行った。

- 《健康》 ①完全人工光型水耕栽培による無農薬野菜(エゴマ)の栽培システムの構築
- 《環境》 ②牛岳温泉の温泉余剰熱を有効利用したヒートポンプの導入検討

## ③太陽光発電の導入検討

### (1) 栽培システムの検討

エゴマを無農薬で栽培するシステムを構築するに当たり、栽培システムを栽培棚、水耕栽培用容器(栽培ベット)、水耕栽培装置、照明に分割し、それぞれに採用する設備について検討を行った。

#### a) 栽培棚

栽培するエゴマは、草丈を40cmまで生育させた後に収穫を行うことから、棚間を50cm以上に設定した。棚幅は両サイドより手を伸ばして作業できる1.4mに、高さは安全を確保するため(高所作業を避けるため)、3.2m程度とし、棚数は4段とした。

栽培棚の材質に関しては、水耕栽培により室内が高湿になることから、防錆対策等について十分検討を行い、その結果、高耐食溶融メッキ鋼板を使用した栽培棚を採用することとした。

#### b) 栽培ベット

栽培するエゴマの根長は収穫までに10cm程度まで伸びることから、栽培ベットの厚さは7cm以上確保することとし、幅及び長さは、上記栽培棚の規格に適合したものを採用することとした。

#### c) 水耕栽培装置

水耕栽培には以下に示す3種類の栽培方法がある。

**湛液型水耕 (DFT)**: 栽培ベットに養液を貯め、この養液上で植物を栽培する方法。

**薄膜水耕 (NFT)**: 緩勾配に設置した栽培ベットに薄く養液を流下させ、養液を循環させながら植物を栽培する方法。

**噴霧耕**: 根圏に養液を噴霧することにより、植物を栽培する方法

比較検討を行った結果、管理が容易で、安全性が高い湛液型水耕を採用することとした。

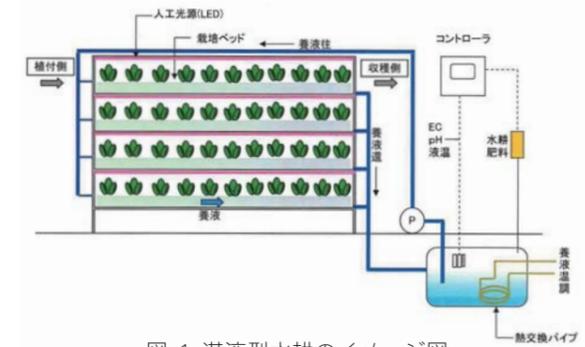
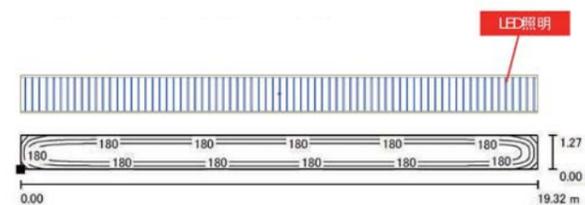


図-1 湛液型水耕のイメージ図

#### d) 照明

栽培用の照明はトータルコストを考慮し、LEDを使用することとした。器具選定に当たっては、植物の栽培に必要な条件として以下の条件を設定し、この条件を満足するものの中より選定を行った(選定LEDの光強度分布と栽培状況は下図を参照)。

- ・光強度はPPFD\*1)で150 μmol/ms以上確保する。
- ・光条件は赤(660nm)と青(450nm)にピークを持つ。



【LED距離47cm地点】...栽培パネルから3m上  
平均: 174 μmol・m<sup>-2</sup>・s<sup>-1</sup> 最大: 210 μmol・m<sup>-2</sup>・s<sup>-1</sup>  
図 上段: 水耕棚設置模式図 下段: 光強度分布図(LED照明下端から47cm地点)  
図-2 採用LEDの光強度分布

\*1) PPFD: 光合成量子束密度, 400nmから700nmの波長での光子が単位時間・単位面積あたりに入射する光子の数を示した値



図-3 採用LEDの光条件と栽培状況

## (2) 温泉熱を有効利用したヒートポンプの検討

本計画では当初、温泉及び井戸水を有効利用する

方向で水冷式ヒートポンプの導入を検討していたが、以下に示した問題点において技術的対応が困難であると考えられた。

- ・冬季における水冷式ヒートポンプの運転は、冷房には井戸水、暖房には温泉を使用することとなるが、温泉、井戸水の切替えも含めた自動運転は、技術的に困難である(手動対応となる)。
- ・また、温泉、井戸水の切替えは、急激な温度変化となるため、切替え時には多少時間をおいてから切り替える必要がある(急激な切り替えは空調システムの故障の原因となる)。

以上より、導入するヒートポンプを再検討し、冬季においても冷・暖房の自動運転が可能な空水冷ヒートポンプを採用することとした。なお、空水冷式ヒートポンプとは、空冷式ヒートポンプと水冷式ヒートポンプを併用したもので、本計画の運用では以下に示す運転方式をとる。

夏季: 空冷式ヒートポンプにより冷房

冬季: 空冷式ヒートポンプにより冷房

水冷式ヒートポンプにより暖房(温泉使用)

なお、地下水調査の結果より、井戸水の使用は困難と考えられ、使用しないこととした。

## (3) 太陽光発電の検討

本計画において太陽光発電を設置するに当たり、その発電方法および太陽電池モジュールについて検討を行った。検討結果より両面受光型(単結晶Si両面型)の変換効率は、表面のみでも14~16%と比較的高く(他製品10~15%)、更に裏面での発電も期待できることから、効率的な発電方法と考えられた。また、曇天時においても裏面からの反射/散乱光の入射により、片面型より高い実効発電が見込まれ、積雪時においても雪面散乱光の裏面からの入射により、発電が可能である。したがって、牛岳温泉の地域性に最も適した太陽光発電システムと考えられ、このシステムを採用した。

## 3. おわりに

今回の植物栽培工場は富山市として初めての取組みであり、生育状況の調査・設定から運営・管理を考慮した機器の選定に至るまで一から検討を行ったものである。今後はこの事業をモデルとして、効果的な植物栽培工場の建設がなされることを期待する。