

三鷹市立図書館スマート都市農業プロジェクト
成果報告書

2023年2月17日

国立大学法人電気通信大学

目次

1	概要・目的	1
2	申請団体のプロフィール	1
3	期間	1
4	背景	2
5	水耕栽培施設	5
6	水耕栽培装置	8
7	センサモジュール	13
8	管理アプリ	15
9	栽培	17
10	むすび	20

1 概要・目的

これまでの農業は広い土地を利用し、農作物を生産することを目的としていた。それに対して電気通信大学佐藤証研究室では、都市に暮らす人々が栽培と収穫を楽しみとして生活の中に取り込めるよう、ベランダや屋上等の空きスペースを活用し、本格的な果菜類の栽培が可能な小型水耕栽培装置を開発してきた。令和元年度には三鷹ネットワーク大学の協働研究事業において、調布市立第一小学校の校舎屋上に試作の水耕栽培装置を3台設置し、トマトとイチゴの栽培を行い、児童の課外授業の場として活用した。その後も製品化を目指して、装置のIoT技術の改良と栽培実験を進めてきた。本事業では、オープンな場で多くの人たちに体験してもらうことを目的に、三鷹市立図書館の児童書コーナーの前の庭に同装置による水耕栽培施設を作り、ボランティアの方々の協力も得ながら、トマト、ナス、ウリ類、パプリカ等の果菜類を栽培する。そして、それら野菜に関する書籍のコーナーを作り、食育や環境教育も念頭に親子の栽培・収穫イベント等を開催する。栽培のフィードバックを受けながら、興味を持たれた図書館の利用者の方が家庭で利用可能なように、装置の改良と低コスト化を進める。さらに三鷹の作業所や商店等との協力による6次産業化を目指し、収穫した野菜の加工品やレストランメニューの開発等も検討する。

2 申請団体のプロフィール

電気通信大学は、1918（大正7）年に無線通信技術者の養成機関として創設された社団法人電信協会管理無線電信講習所をその起源とする。その後、1949（昭和24）年に国立学校設置法施行により新制大学として電気通信大学を開学し、1952（昭和27）年には、現在の調布校舎を開校した。

2004（平成16）年には、国立大学法人法の施行に伴い「国立大学法人電気通信大学」として新たに発足し、2018年に創立100周年を迎えた。

3 期間

2022（令和4）年6月1日～2023（令和5）年2月17日

4 背景

東京都の平成 30 年のみどり率の調査によると、都全域で平成 25 年の 53.0%から平成 30 年の 52.5%へと減少しており、平成 29 年策定の「都市づくりのグランドデザイン」では、「緑の総量を減らさない」という目標を都市づくりの“挑戦”として掲げている。既存の緑を守るだけでなく、みどりの総量を“増やす”ために、従来の施策の延長ではない発想の転換が必要となる。また、平成 31 年の東京都都市計画審議会の「東京における土地利用に関する基本方針について」の答申は、樹林や公園緑地、農地、崖線、河川、敷地内緑化などを「みどり」と定義し、「将来の人口減少を見据えた安全で魅力や活力の高い都市の創出を図る土地利用へ転換すべき」と提言している。しかしこれらは、既存の土地の有効活用を前提とした限定的なものと言える。都市開発諸制度により空地の確保や緑化が義務化され、事業者は都と協議の上「みどりの計画書」を作成する等の取り組みにより、新たな質の高いみどりが都心に生み出されている。また個別の建築時には、自然の保護と回復や緑化に関する条例による指導が行われている。その一方、既存の建造物の緑化をどう進めるかは今後の大きな課題である。

令和 3 年『緑の東京』戦略』では、「緑溢れる東京プロジェクト」として、「緑確保の総合的な方針」等に基づき、都や市区町村所有の公園や緑地の整備、農地や自然地の保全、民間の都市開発における緑創出等、あらゆる機会を通じて緑の量的な底上げと質の向上を図り、都内全体の緑の量を増やす取り組みを推進するとしている。また、SDGs の目標達成における都の主な取り組みにおいても、環境分野における水と緑の創出による潤いのある都市空間の形成が挙げられている。しかし、広い土地の所有者だけでなく、都民が個々のレベルで参画し、“生活の中のみどり”の総量の底上げに貢献できる新たな取り組みを始めることも重要である。

平成 27 年の「都市農業振興基本法」に基づく「都市農業振興基本計画」では、都市農地はそれまでの「宅地化すべきもの」から都市に「あるべきもの」へと施策が転換され、平成 29 年の「都市緑地法」の改正において、法における「緑地」の定義に農地が含まれることが明記された。また同年の「生産緑地法」改定では、市街化区域内の農地である生産緑地に、農産物等の加工施設、直売所、レストランなどの施設が設置可能となり、平成 30 年には、生産緑地の貸借を安心して行える仕組みとして「都市農地の貸借の円滑化に関する法律」が制定された。これらの法整備により、新規就農者や企業や市民団体による都市農業への参入が可能となった。都と区市町村が合同で策定し、令和 2 年に改定された「緑確保の総合的な方針」の中では、農地、屋敷林、樹林地などの緑地・農地と市街地が一体となった良質な住環境を再整備する「緑農住」まちづくりが提案されている。

このような背景から、都市農地は農作物の供給という従来の目的に加えて、やすらぎや潤いをもたらす良好な景観の形成と環境保全、災害時の防災空間の確保、農作業体験・交流や食育・教育の場、メンタルヘルス対策や農福連携、地産地消による 6 次産業化による地域の活性化、など多様な役割が与えられるようになった。また、コロナ禍によるライフスタイルの変化により、都市住民の間では屋外で体を動かし農産物を栽培・収穫できる家庭菜園や市民農園に人気が集まり、人と人とのつながりの重要性が再認識される中、地域住民の交流の場を提供し、身近な場所での新鮮な農産物栽培という安心感を与える都市農業への関心と評価が高まっている。しかし 23 区の総面積 627.6km²うち、農地があるのは葛飾区、江戸川区、足立区、北区、世田谷区、大田区、目黒区、杉並区、中野区、練馬区、板橋区の 11 区のみで、耕地面積はわずか 0.053 km²（「管内農業の概要」令和 2 年 12 月）と 1%にも満たない。既に宅地

化、商工業地化された土地を農地に戻すことはできないため、都心部に暮らす人々が都市農業の様々な恩恵に預かる機会は極めて少ない。

その一方で、コロナ禍の外出自粛に伴い自宅時間が増えたことで、家庭菜園に取り組む人が増えている。経済産業省の商業動態統計「ホームセンター商品別販売額等及び前年（度、同期、同月）比」によると、2015年度の4,953億円から2019年度の4,778億円まで減収の一途であった「園芸・エクステリア」部門であるが、2020年度は前年比628億円増の5,406億円と突出して伸びている。また、月毎の対前年比でみると、直近の2020年10月～2021年3月の半年間の伸びは13.8～22.1%とさらに好調を維持している。しかし園芸・エクステリアの対象顧客は、庭を有する戸建て住宅の住人が主であり、都市で集合住宅に暮らす多くの人々ではない。

財団法人社会経済生産性本部の「レジャー白書2017」によると、「日曜大工」「園芸、庭いじり」の参加人口は、2016年で2,660万人とされており、身近な創作系レジャーの人気は高い。また、「レジャー白書2008」によると、2007年の貸農園や市民農園などの参加人口は200万人で、参加希望者人口は4倍の820万人（市場規模は350億円、潜在市場規模1,450億円）であったが、「レジャー白書2019」では2018年の参加人口は360万人に倍増している。その一方で、農林水産省によると、農業就業人口は2007年の312万人から2018年の175万人へと半減しており、さらに2020年は136万人と減少に歯止めがかからない。このように貸農園等を利用する人は農家の3倍近くに達している。平成30年の「都市農地の貸借の円滑化に関する法律」により、農家から土地の利用を委託した民間企業による貸農園事業が拡大し、利用者はますます増える傾向にある。最大手企業が運営する都内の農地利用による貸農園の月額利用料は7,000～14,000円/3m²（別途入会金11,000円）と、市民農園の年間数千円に対して1桁高いものの、専門家の指導や道具の貸し出し等のサービスもあるため人気は高い。商業施設等の屋上を利用した土耕による菜園の利用料は都心施設で、概ね年間10万円/3m²程度で、募集直後に締め切られるほどの人気である。しかしながら保水率の高い土は非常に重く、普通の建造物であれば10cm程度の厚さが耐荷重の限度のため、どこでも屋上農園を始めるといふわけにはいかず、その施設数は数えるほどしかない。

これらに対して佐藤研究室の水耕栽培システムは非常に軽量でどこでも設置できるため、都市における農業の潜在的な需要を大きく喚起できる。これは限られた農地を中心とした従来の都市農業とは異なり、都市の暮らしの中に新たにIoT技術を用いた水耕栽培による個人参加型のみどりのスペースを広げるものである。植物を育てることで自然や環境について学び、人々が交流するイベントを行い、収穫した野菜や果物の自産自消による6次産業化などによる地域活性化を図ることができる。都市の子供たちの日常の中で、栽培・収穫が体験できる機会を作り、農業を身近に感じてもらうことは、将来の担い手不足問題への解決へもつながる。また、コンピュータゲームのように大人が用意した答えがなく、自然の摂理の中で様々な要因が影響し、時には失敗する植物の栽培体験を通じて、学校の教室の中では得られない思考力を身に着けることも期待される。

そこで、令和元年の民学産公協働研究事業では、子供達への食育や環境教育に供することを目的とし、図4.1～4.2のように調布市立第一小学校の校舎屋上に水耕栽培施設を設置し、令和2年4月からの本格運用に向けて10月から試験栽培を開始した。しかしながらその後のコロナ禍により、残念ながら本年度まで運用を停止している。これは児童の安全を最優先し、外部からの入校を制限せざるを得ないという閉じた環境での運用のためである。また大学の屋上でも栽培施設を運営しているが、こちらもコロナ後としては本年度初めてオープンキャンパスで外部の来場者の見学会を行ったが、以前に行っていた親子

の収穫イベントやバーベキュー等は3年間実施していない。これまでの施設運営は研究や栽培試験という意味合いが強いため、一部の人のみが入れる場所で行ってきた。しかしこの水耕栽培システムの普及には、広く一般に紹介し、関心を持った人に参加してもらえるような仕組みが必要である。そこで今回、公共施設として初めて、子供から大人まで多くの市民が利用する図書館への装置設置を行うこととした。



図 4.1 調布第一小学校屋上の水耕栽培施設



図 4.2 水耕栽培施設での苗の定植イベント

5 水耕栽培施設

平成4年7月26日～9月3日にかけて、図5.1の三鷹市立図書館の児童図書コーナーの前の庭に、3m×1.5mの水耕栽培施設を敷設した。図5.3のように、植物を誘引するためのフレームを単管パイプで組み、水耕栽培装置、モバイルルータとタイマーを収める防水ボックス、LEDライト等を設置した。水耕栽培装置の電源は交流100Vから、ACアダプタを介して直流12Vを供給している。メインの灌水は直流12Vポンプを、バックアップには交流100Vポンプを外部のウィークリータイマーで動かしている。これまではサーバとして電気通信大学内に設置したワンボードマイコン Raspberry Pi 上にスマートホーム OS の Home Assistant を実装したものを用い、フローベースプログラム環境 Node-RED 上で水耕栽培装置の遠隔管理システムを Web サービスとして動かしていた。それに対して今回は、商用クラウドサーバ AWS (Amazon Web Service)を用い、スマートフォンアプリとして管理ツールを動かしている。サーバと水耕栽培装置の間は LTE モバイルルータで接続している。

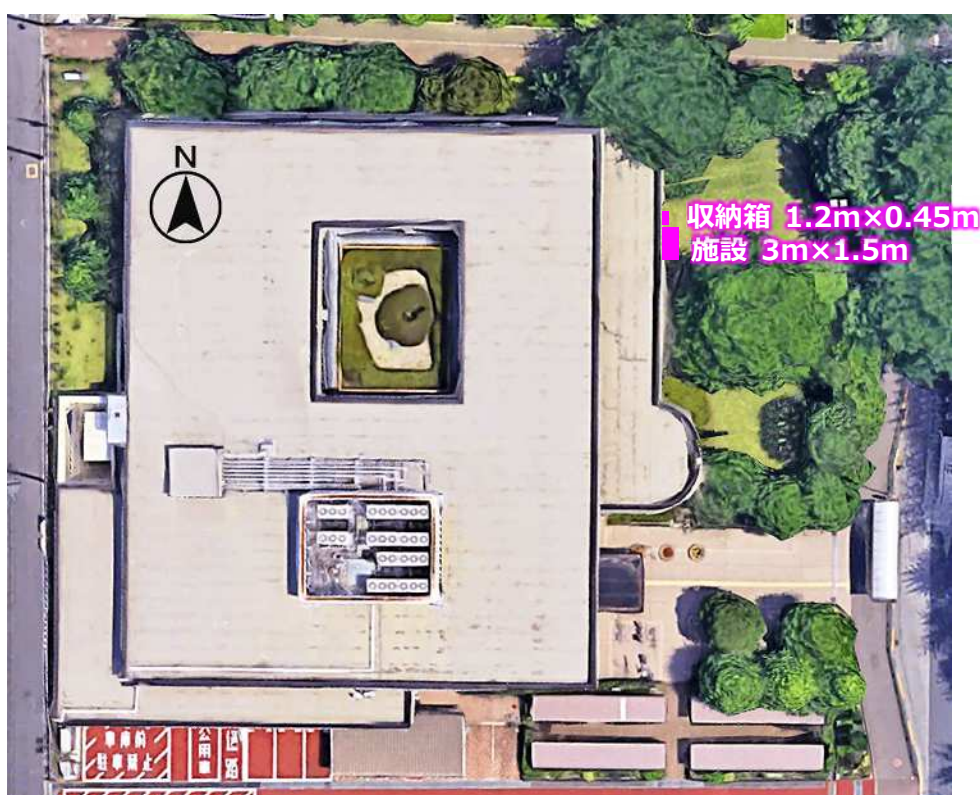


図 5.1 水耕栽培施設の設置場所 (google map より)



図 5.2 児童書コーナー

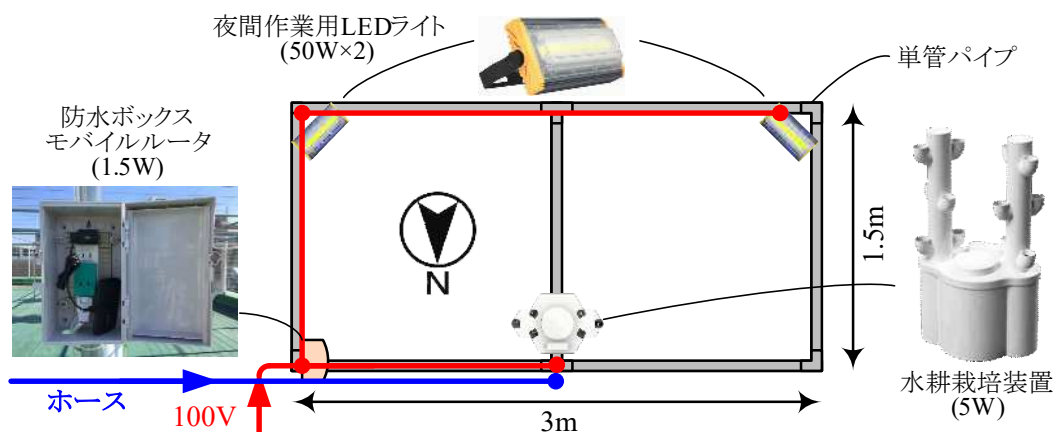


図 5.3 水耕栽培施設の上面図

表 5.1 水耕栽培施設の諸元

設置場所	東京都三鷹市上連雀八丁目3番3号
設置面積	縦 1.5m×横 3m×高さ 2m 48.6mm 単管パイプ組
電源	商用交流 100V (水耕栽培装置 DC12V)
灌水	水道からの自動注水とポンプによる循環、液肥自動注入
通信	LTE モバイル Wi-Fi ルータ

図 5.4(a)~(g)に施設敷設から苗の定植までの様子を示す。(a)7月20日に三鷹市立図書館と電源工事等のスケジュール調整を行い、当日に施設フレーム用の単管パイプ等を搬入した。(b)8月3日にフレームと、栽培道具収納用のベンチ型のボックスを組み立てた。(d)(e)8月8日に苗を上へ誘引するためのケーブルをフレームに敷設、水耕栽培装置を設置し、電源工事と注水用のホースを取付けた。(f)(g)9月3日に LTE ルータを設置し、装置をサーバに接続。トマト、ナス、バジル、草花の苗を定植して栽培を開始した。9月20日に図書館が停電となるため、9月14日に交流 100V 用と直流 12V 用の 2 つの灌水ポンプを入れ、直流 12V ポンプをカーバッテリーで駆動できるようにした。(h)11月11日に夜間作業用の LED ライトを設置した。



図 5.4 (a)部材の運び込み (b)フレームと収納箱の組立



図 5.4 (c)ワイヤー敷設と水耕栽培装置設置 (d)電源工事とホース接続

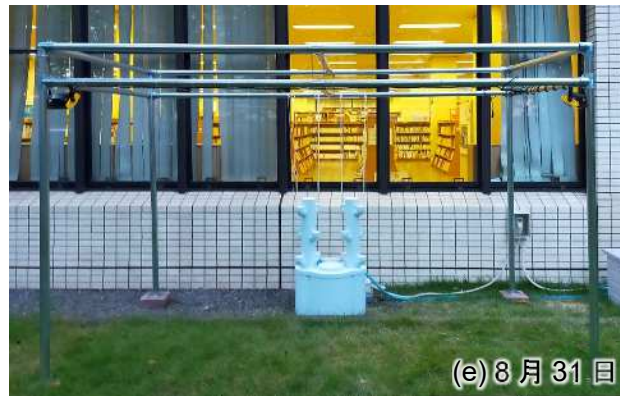


図 5.4 (e)ネットワーク接続と装置の始動



図 5.4 (f)苗の定植 (g)施設全景



図 5.4 (h) LED ライトの設置

6 水耕栽培装置

図 6.1 に 3D プリントで試作した水耕栽培装置の筐体を、図 6.2 に苗を植えるパイプの上部のシャワーと、筐体後部にあるケース内に納めているセンサモジュールを示す。試作モデルを元に簡易金型を作製し、その型で厚さ 5mm の ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) 樹脂を抜いた筐体を三鷹市立図書館に設置している。製品化を目指して宅配便で送れるサイズとするため、パイプは 3 分割したパーツを積み上げるようにしているが、接着剤を使わなくとも水漏れもしない構造となっている。パイプ以外のパーツも接着剤やネジを使わずに組み立てることができる。さらに集合住宅のベランダでも使用できるように装置の高さを、手すりよりも低い 1m に抑えている。なお 3D プリントの試作筐体は変色防止のため表面をアクリルスプレーで塗装した後、大学の屋上水耕栽培施設で使用していたが、夏の暑さで樹脂が変形して割れ、水漏れが生じたため撤収した。

比較のために、令和元年度の事業で使用した水耕栽培装置を図 6.3 に示す。下のタンク部分は、今回と同じ ABS 製であるが製造方法が異なる。まず手作りの石膏の原型から凹型を作り、そこに ABS の板を当ててバキュームで引き抜いている。そのため深いタンクの底は引き抜きが甘くなり、しわや歪みが出ている。パイプ部は市販



図 6.1 3D プリントで試作した水耕栽培装置の筐体

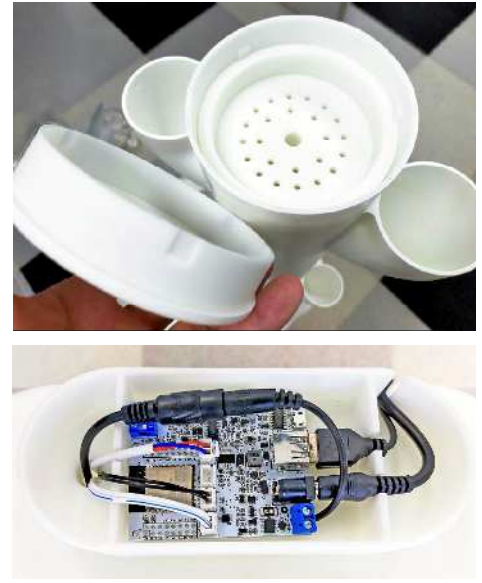


図 6.2 水耕栽培装置のシャワー部とボックス内のセンサモジュール

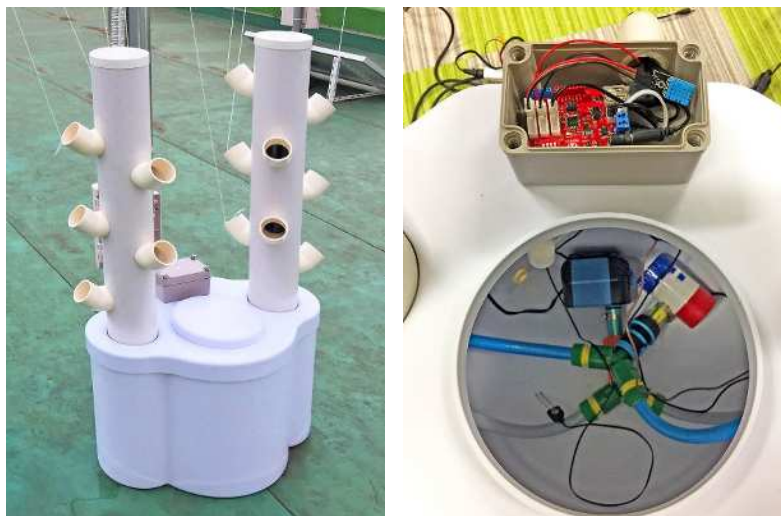


図 6.3 水耕栽培装置の外観(左)と内部のセンサモジュールとポンプ(右)

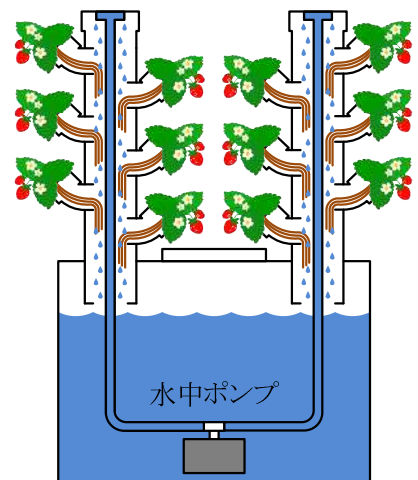


図 6.4 水耕栽培装置の灌水方法

の水道用の塩ビ管にL型ジョイントを手作業で加工・接着し、センサモジュールを入れる防水ボックスは市販のものをネジ留めしている。

図 6.4 に水耕栽培装置の基本構造を示す。下部のタンクに立てた 2 本のパイプ内にはホースがあり、水中ポンプでタンクから液肥を汲み上げて、パイプに挿した苗の根にシャワーを降らせている。培地がないため根が自由に伸び、呼吸も十分できることから土耕に比べて非常に成長が早い。なお、ポンプは常に動いているのではなく、10 分間隔で 15 秒～1 分程度動かす間欠動作としている。そのため消費電力は小さく、20W 程度の小型のソーラーパネルでも駆動可能である。タンクの中にはボールタップがあり、装置に繋いだホースから減った液肥の分だけ注水される。そのままでは液肥が薄くなる一方なので、装置後部のボックス内のセンサモジュールが薄くなったことを検知すると、図 6.5 に示した追肥機構のエアポンプを駆動させ、ボトルからタンク内に濃縮原液を必要な分だけ注入する。

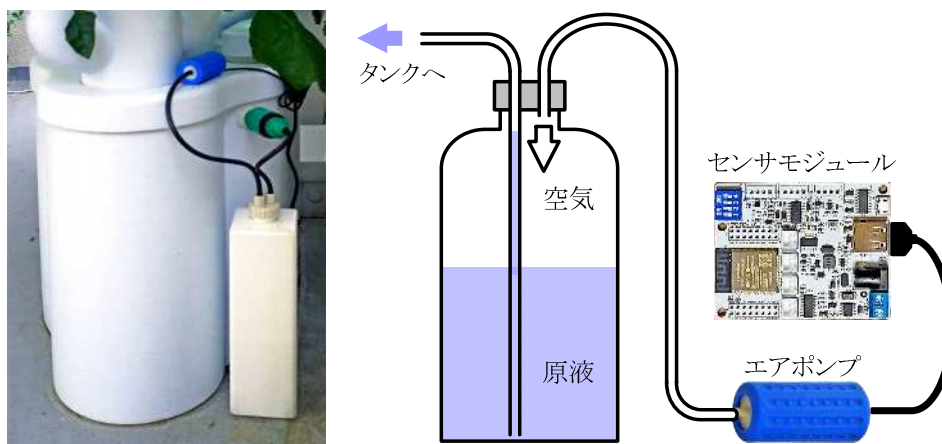


図 6.5 追肥機構

表 6.1 に本水耕栽培装置の諸元を示しておく。装置の重量は約 10kg で、タンクを液肥で満タンにしても総重量は 45kg と子供一人分程度である。この装置一台でトマトやウリ類を栽培した場合、最大で 4m×4m 程度の広さを緑で覆うことができる。

表 6.1 水耕栽培装置の諸元

サイズ	36.2cm(縦) × 57cm(横) × 99.6cm(高)
重量	約 10kg、満水時約 45kg
素材	ABS
電源	直流 12V(最大 22V) 3A
ポンプ寿命	約 2 年(30 秒オン 10 分オフ間欠使用時)
栽培面積	最大 4m×4m(トマト・ウリ類栽培時)
設置場所	屋外(防水仕様)
動作温度	0~40℃
センサ	温湿度、液肥濃度、水位。水温、ポンプ電流
通信	2.4GHz Wi-Fi
機能	自動ポンプ制御
	自動注水
	自動追肥
	異常通知(ポンプ停止、通信停止、高水温、低水位)

以下に、水耕栽培装置の組み立てと WiFi 接続方法を示す。

タンクの中に納めている、パイプのパーツ 6 個を取り出す。



タンク蓋上面およびパイプパーツに、記号が書かれたシールが貼られていることを確認する。



パイプパーツにも貼られている同じ記号のシールの位置を合わせて、凹凸をしっかり噛み合わせてはめる。



パイプパーツを組み上げたら、2 本のパイプの上の蓋を外して中のシャワーパーツを取り出す。2 本のホースを各パーツにはめた後に、パイプの中に垂らす。



パイプに蓋をして、タンク内の水中ポンプに 2 本のホースを接続する。



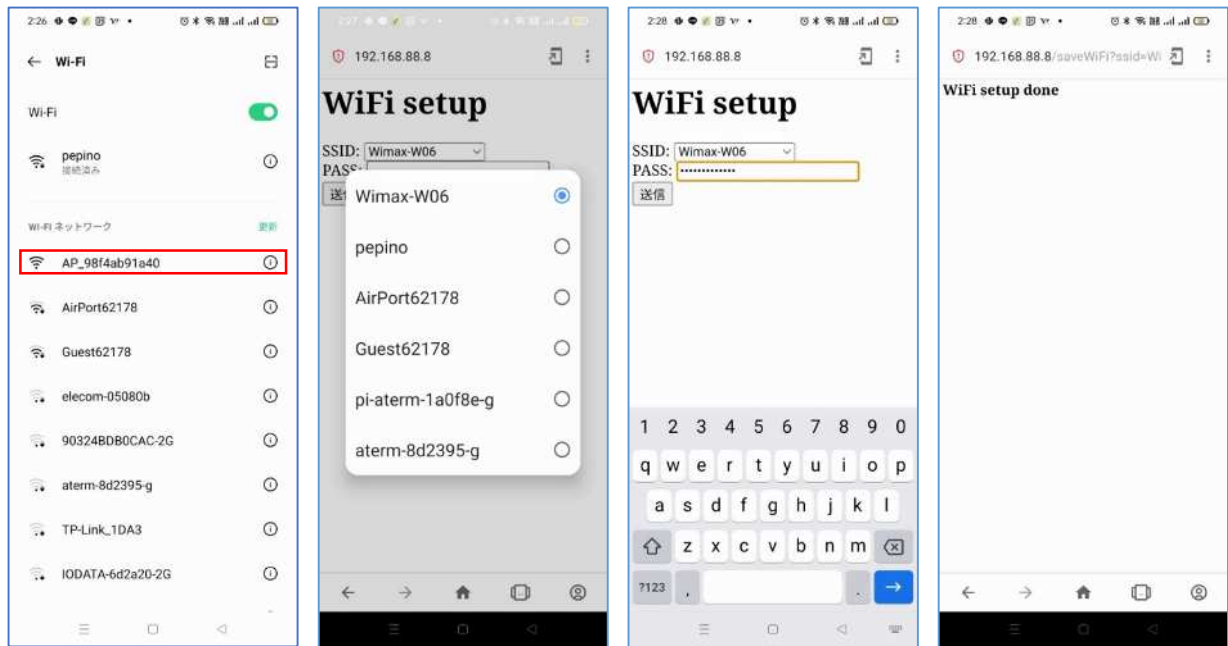
水中ポンプをタンクに入れ、コードをケースの穴から上に引き出して、青いコネクタにネジ留めする。外側が赤 (+)、内側が黒 (-) となる。液肥ボトルの緑のジョイントをはめ、液肥ボトルの黒いチューブを青いエアポンプに接続する。



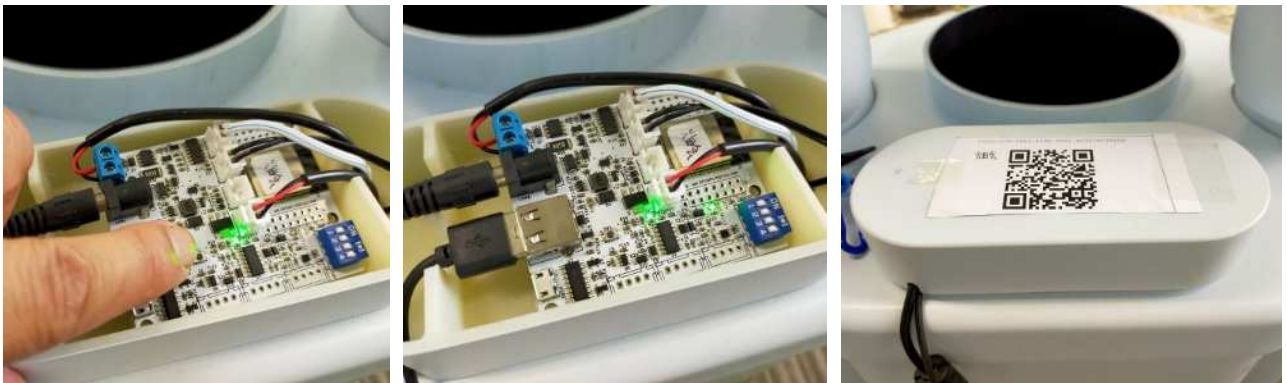
ACアダプタのケーブルを挿す。電源 LED が緑色に点灯したら、青い DIP スイッチの 3 番を ON にして、リセットボタン SW1 を押す。



スマホの Wi-Fi 設定で、AP_●●●●という SSID に接続する。スマホのブラウザで、“192.168.88.8”にアクセスし、「WiFi setup」画面が表示されたら、SSID のリストの中から接続したい Wi-Fi ルータを選んで、パスワードを入力して、「送信」ボタンを押す。“WiFi setup done”と表示される。



スイッチの3番を元に戻して、リセットボタン SW1 を押す。緑色の LED が二つ光ったならば設定完了。ケースの蓋を閉じる。光らなければ、上記 Wi-Fi 設定をやり直す。



7 センサモジュール

図 7.1 に旧型と新型のセンサモジュールを示す。旧型センサモジュールは Arduino と同じ形状の親基板 WeMos D1 R32 に各種センサを有する子基板をスタックしている。両基板の間は、シリアル通信やピンヘッダを介してデータ送受信と制御を行っている。WeMos D1 R32 は Wi-Fi 機能を内蔵した 32 ビットマイコン ESP32-WROOM-32(以下 ESP32)を有しているが、通信距離が短く、広い屋上に水耕栽培装置を複数台置くときには Wi-Fi の中継器を設置するなどの対応が必要となる。親基板と子基板の間はシリアル通信を行っているが、子基板のプロセッサ ATmega328P は親基板と異なる独自のクロックで動いており、親基板は Wi-Fi でも通信しているため、時々タイミングが合わずにデータを取りこぼすことがあった。また基板を二階建てとしたため、装置の後部に大きな防水ボックスを置く必要があった。

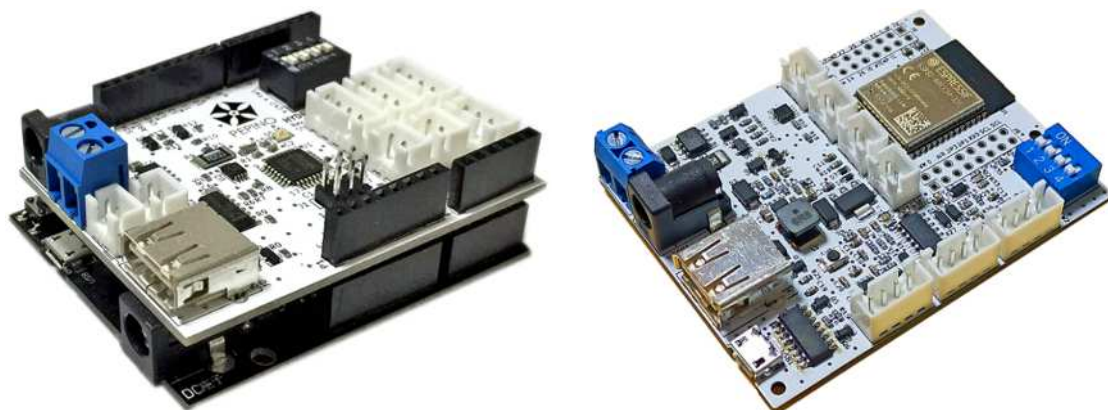


図 7.1 旧型センサモジュール(左)と新型センサモジュール(右)

液肥濃度は通常、溶液に電極を漬け、濃度によって変化する電気伝導度 EC (Electro Conductivity) を測定する。EC 値は溶液が濃いほど高く、薄いとき低い。したがって抵抗値は濃い溶液では低く、薄い養液では高い。また、同じ養液であっても EC 値は、水温が上昇すると上がり低下すると下がるが、肥料成分の割合は変わらない。したがって液肥濃度は測定した EC 値そのままではなく、温度補正する必要がある。水耕栽培において EC 値は液肥濃度と同じ意味で用いられるが、実際には 25°C を基準として補正した値が用いられる。本文でも単に EC 値と呼ぶ場合はこの補正後の値を指す。旧型モジュールでは、図 7.2 のように、電極間の液肥を抵抗と見立てたオペアンプ発信回路の発信周波数を測定し、それと水温から液肥濃度を算出していた。このとき補正前の EC 値は、周波数と水温をパラメータとする曲面で表される。これを 3 次曲面によって近似し、測定した周波数と水温から 0.25~3.5mS/cm (通常の栽培では 1.0mS/cm) の範囲で EC 値を算出し、誤差を 10%以下に抑えていた。図 7.1 左の旧型センサでは、測定時に電極間に振幅 0~3.3V で、数百 kHz の方形波を流していた。測定時間は 10 分にわずか 5 秒程であるが、一か月では 6 時間となる。そのため、3 ヶ月ほどでステンレス電極の表面が図 7.3 のように劣化してしまい、表面をきれいに研磨しないと正しい EC 値が測定できなくなっていた。

そこで、電極の劣化防止と通信クオリティの向上を目的とする図 7.1 右の新型センサモジュールを開発した。

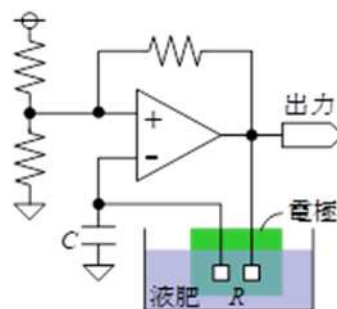


図 7.2 旧型センサモジュールの液肥濃度センサ回路



図 7.3 表面が劣化したステンレス電極

56mm×70.9mm で、旧型モジュールの 53.3mm×70mm よりも一回り大きいだけである。また最も高い部分は DC12V 電源コネクタで、12mm で、これは旧型モジュールで親基板と子基板をスタックしたときの 27mm の半分以下である。旧型モジュールでは 2 つの基板に分かれていたセンサ機能と通信・制御機能を一つの基板に実装することで小型化と通信品質の向上が図られている。無線マイコンには最新の ESP32-WROOM-32E を採用することで、WeMos D1 R32 では非常に短かった Wi-Fi の通信距離が大きく延びている。

図 7.4 に新型センサモジュール上の、各回路コンポーネントを示す。液肥濃度、水温、水位、外部ポンプ電流の各センサを接続する 2 ピン XH コネクタ×4、拡張用 4 ピン I2C コネクタ×3、デバッグ用 16 ピンヘッダ×2、プログラム用 4 接点 DIP スイッチ、DC12V 入力、12V 水中ポンプ出力、micro USB コネクタ、USB Type B コネクタを持つ。Type B コネクタは通信や電源入力用ではなく、追肥用のエアポンプを駆動するためのものである。温湿度センサとして I7006 を実装しているが、測定されるのはその基板周辺の値なので、外気を正しく測定したい場合は I2C (Inter-Integrated Circuit) コネクタに別途センサを接続する。

旧型の液肥濃度センサでは振幅 3.3V の直流信号が液肥中の電極間を一方に流れ、それが電極劣化の要因となっていた。そこで図 7.5 の新型センサの回路では、振幅を±0.2V に抑えた交流信号を流すことで電極の劣化を抑えている。ここでは液肥の抵抗値によって増幅率が変化する反転増幅回路を、オペアンプで構成している。ESP32 の PWM で振幅 0~3.3V、周波数 5KHz、Duty 比 50% の方形波を作り、コンデンサ C_1 による AC カップリングで±1.65V の交流信号に変換する。これをオペアンプ OP1 の反転増幅回路で振幅を $1/8.25 (=R_3/R_2)$ 倍の±0.2V に減衰して、2 本の電極の一方を通じて液肥中に流す。液肥を通った信号をもう一方の電極で受けて、これを OP2 で増幅する。液肥の抵抗値を R_4 とすると増幅率は $-R_5/R_4$ となり、高濃度の液肥ほど R_4 は下がり、オペアンプの出力は大きくなる。増幅された OP2 の信号は、OP3 と OP4 による 2 つの理想ダイオード回路(半端整流回路)により、マイナス側の信号が反転されてプラス側と加算される。単純な整流であればダイオードだけで構成できるが、微小な信号変化を検出するため、入力に対して出力がリニアに変化する理想ダイオード回路を用いた。最後に RC ローパスフィルタを通った信号の出力電圧を、ESP32 の AD コンバータで測定する。旧型センサと同様に、液肥濃度を AD コンバータ出力と水温をパラメータとする 3 次曲面で近似することで、液肥濃度を算出している。新型センサは旧型と同等の精度が得られ、電極の劣化も抑えることができた。

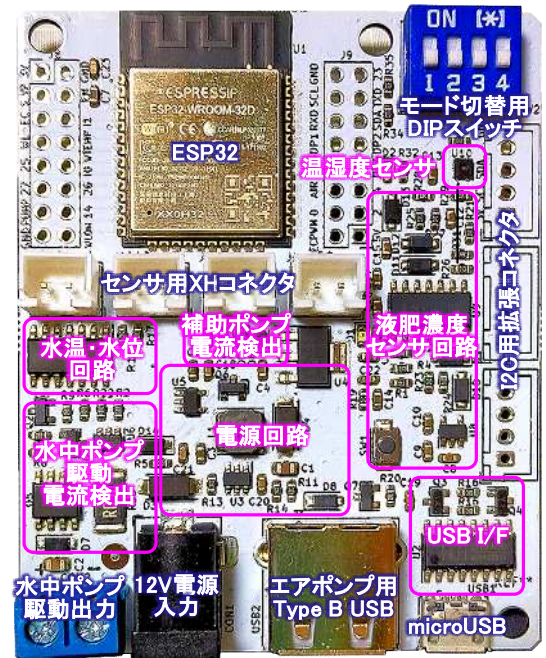


図 7.4 新型センサモジュール

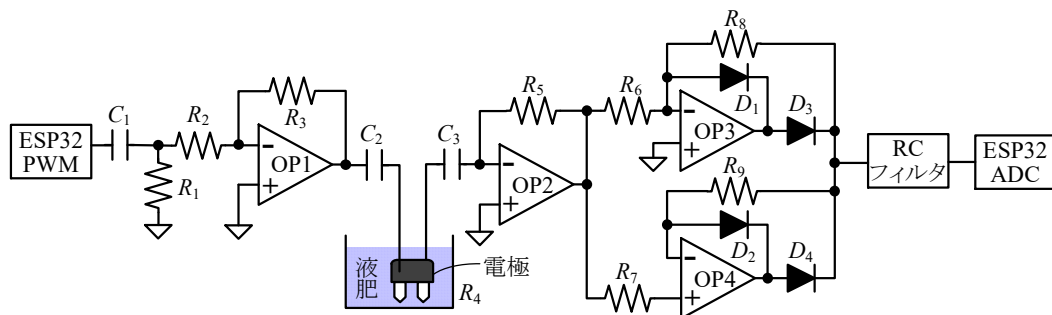


図 7.4 新型センサモジュールの液肥濃度センサ回路

8 管理アプリ

図 8.1 左にスマートフォンの管理アプリのホーム画面を示す。画面は縦にスクロールしたときの全てを表示している。画面は水温と EC の数値と、一週間の変動がグラフ表示される。水温は日中に上がり、夜間に下がるので、“過去一週間の水温”のグラフに一週間で7つの山が見えている。蛇口からホースを水耕栽培装置に接続しておけば、減った分だけ自動的に注水される。蛇口に接続せずに水位が下がっていく場合、満水の半分程度になると“高水位”→“低水位”と表示が変わる。アプリを使用していないときには、スマートフォンの待ち受け画面に低水位を伝えるメッセージが表示される。

“ポンプオフ”は灌水ポンプが動き出すと“ポンプオン”に表示が変わる。将来はポンプが長時間止まっている場合にエラー表示を行う予定である。

“オンライン”はAWS サーバと接続ができていることを意味し、繋がらないときは“オフライン”となる。

“信号良好”は水耕栽培装置のセンサモジュールと Wi-Fi ルータの間の電波強度を示し、弱くなるにしたがって“信号良好”→“通信可能”→“不明”切れると“不明”と表示される。




“過去 3 時間のポンプ状態”は、直流 12V の灌水ポンプに流れる電流を計測して表示している。アナログ値なので高さが多少上下するが、半分以下の高さが続くような場合は、タンク内のホースジョイントが外れて、水がパイプ内で組み上げられていない可能性、あるいはポンプが劣化している可能性がある。その場合はパイプ上部の蓋を開けてシャワー部分が濡れているか、あるいは図 8.2 の画面で強制的にポンプを回して動作を確認する。ポンプが止まって 30 分経つと、エラーメッセージが通知される。グラフが歯抜けになる場合は、ポンプの不具合ではなく、通信状態が悪い可能性もある。


“過去 3 時間の液肥ポンプ状態”のグラフは、EC 値が設定値を下回った時に、追肥用のエアポンプの On/Off 状態を表している。この画面での EC 値の設定は 1.0 で、これを下回るとエアポンプが動作して、ボトルから肥料の原液を装置のタンク内に数秒間注入される。このとき濃い原液はタンクの底に溜るが、EC センサの電極は底に横たわっているので、EC 値は急激に高くなる。そして灌水ポンプが動作するに従い、原液が拡散して EC 値は低下



図 8.1 管理アプリのホーム画面

し、1.0 を切るとまた原液が追加されるといった動作が繰り返される。“過去一週間の EC 値”のグラフにこの原液注入→拡散のピークが 3 回見えている。なお、その前に急激に EC 値が下がっているのは、液肥が減っていたタンクに水を大量に入れたためである。

灌水ポンプと追肥ポンプが動作するとそのデータはすぐに画面に反映されるが、その他のセンサデータは 10 分間隔で更新される。現在のデータをすぐに見たい場合は、画面右上のリロードボタンをクリックする。その横のは、水耕栽培装置を追加するときに、装置に付属の QR コードを読み取るのに使用する。画面左上のハンバーガーボタンをクリックすると、図 8.1 右の画面となり、現在登録され

ている装置の一覧が表示される。データの閲覧および装置の操作を行いたいときは、それぞれの装置名をクリックする。装置名の右にあるをクリックすると、登録している装置名の変更と装置の削除を行うことができる。

画面右下の“装置設定”ボタンをクリックすると、図 8.2 左の画面に切り替わる。スライドボタンで“エラー通知”を ON にすると、水位低下、ポンプ停止、高水温、通信切断、等のエラー発生時にスマホの待ち受け画面にメッセージが通知される。自動モードを ON にしておくと、灌水ポンプは 10 分に 30 秒動作する。定植直後等にポンプを多く回したいときや、作業のためにポンプを止めたいときなどは、自動モードを OFF にする。すると“手動ポンプ時間”のスライドバーが現れる。スライドの最左が停止、最右が連続運転なので、所望のタイミング（バーの上に表示される）に設定する。設定が終わったならば「確定」ボタンをクリックする。

EC センサの測定値は電極の状態によって変化する。液肥に長時間浸けていると、なんらかの変化が起こって測定値がずれることがある。したがって市販の EC 計(2,000 円程度)の測定値と図 8.1 左に表示されるセンサの値にずれがないかを一ヶ月に一回程度チェックして、10%以上異なっている場合は構成を行う。これを行うのが“EC 校正”で、このボタンを ON にし、“EC 設定”に EC 計で測定した値を設定し、「確定」ボタンをクリックする。すると図 8.1 左に表示されている EC 値が設定した値に変わる。校正が終わったならば、“EC 校正”を OFF にしておく。

“EC 制御”を ON にすると、液肥濃度が下がると追肥を行う。目標の EC 値は“EC 校正”でも利用した“EC 設定”を用い、“確定”をクリックする。なお“EC 制御”と“EC 校正”は同時に行うことができないため、どちらかのスライドスイッチを ON にすると、もう一方は必ず OFF になる。また追肥を継続する場合は“EC 制御”を ON のままにしておく。液肥濃度が EC 設定の値よりも低いとき、“確定”を押すとすぐに液肥の原液が注入される。なお原液は少しずつしか注入されないため、真水を大量に入れた後、すぐに濃くしたい場合は“確定”ボタンを連続して押すか、直接タンクに手で追加する。



図 8.2 管理アプリの設定画面

9 栽培

9月～12月の4ヶ月、図書館の児童書コーナーの前の庭で栽培実験を行った。図9.1のポスターを児童書コーナーの中と外から見えるようにガラス窓に貼った。図9.2は、苗を定植した9月9日から12月2日までの様子である。比較的順調に育っているものの、9～10月は気温は高いものの日光が次第に弱まり、日照時間も短くなるため、春に比べて光合成が進まず成長は遅い。図9.3のようにトマトは花が咲き、青い実がたくさん生ったが、気温が低いいため赤く熟れたものは数個にとどまった。12月2日～25日の間は、図9.2(f)に示したように、子供達に喜んでもらえるよう、装置のトマトの枝にクリスマスのイルミネーションとオーナメントの飾りつけを行った。

図9.3のように、草花は特に問題はなく長期間、元気に咲いていた。その一方でバジルとナスは、バッタ等の虫が屋上等に比べて多いため、かなりの虫食い被害にあっていた。トマトには虫はつかなかったが、カビの一種であるうどん粉病の広がりが早かった。化学農薬を使わない栽培をおこなっているため、状況に応じて週一回行っていた手入れの頻度を上げたり、虫食いに合わない品種の選定などの対応が必要である。



図 9.1 民学産公事業実施のポスター



図 9.2 苗の生育過程



図 9.2 苗の生育過程

10月29日(土)に三鷹市立図書館の庭で、3年ぶりに図書館フェスタが開催され(図 9.4)、来場者に水耕栽培装置の説明を行った。コロナのため、例年の飲食物の販売はなかったが、次年度は下記で説明する「むうぶ」で、水耕栽培の野菜を使った食べ物の提供を検討している。



図 9.3 トマト、草花、バジルの栽培と装置を訪れるバツタ



図 9.4 図書館フェスタの様子

三鷹市立図書館からほど近い場所に、社会福祉法人「むうぷ」が経営している食茶房「むうぷ」がある。そこで雇用している障がい者の方々に、7月末～8月初旬大学屋上施設の水耕栽培装置で育てた野菜を収穫してもらい（図 9.5）、それを使った弁当やケーキなどの販売を行った（図 9.6）。次年度からは、図書館での栽培の手伝いや、水耕栽培の野菜を使った新しいメニューの開発も予定している。



図 9.5 社会福祉法人「むうぷ」の障がい者の方との野菜の収穫



図 9.5 食茶房むうぷ(左)と収穫した野菜(右)



図 9.6 収穫した野菜で作ったお弁当(左)、トマトのケーキ(中)、トマトソース(右)

10 むすび

本事業では、三鷹図書館の児童書コーナーの前の庭に3m×1.5mの水耕栽培施設を作り、9月初旬から1台の装置でトマトと草花の試験栽培を行った。当初は春のゴールデンウィーク前後からの栽培を予定していたが、契約締結やコロナの影響により、4ヶ月遅れのスタートとなった。そのため、本格栽培のシーズンを逃してしまい、本年度は試験運用による課題の洗い出しという形となった。水耕栽培装置は令和元年度の民学産公協働研究事業で開発したプロトタイプから、製品化に向けて改良を続けていたもので、4ヶ月の栽培期間中にトラブルはまったく起こらなかった。しかし、IoT技術に馴染みのない一般の方でも利用できるように、今後ボランティアの方々の協力による栽培を通じて、スマホアプリの改良や栽培マニュアルの作成を行っていききたい。

子供達への食育・環境教育を念頭に栽培・収穫イベントの開催を検討していたが、本年度は図書館フェスタでの水耕栽培装置の紹介にとどまっており、こちらもコロナの状況を見極めつつ次年度に進めていきたい。6次産業化については、社会福祉法人むうぷの障がい者の方々に大学で収穫してもらったトマトをメインに弁当、ケーキ、ソース等を作ってもらい、試験販売を行った。図書館の水耕栽培の活動を積極的にアピールすることで、より一層の地域の和を広げていきたい。