

令和5年度 学生による地域フィールドワーク研究助成事業

研究成果報告書

- ・機関及び学部、学科等名：富山大学工学部工学科生命工学コース
- ・所属ゼミ：生命工学コース
- ・指導教員：中村真人教授
- ・代表学生：東澤知佳
- ・参加学生：加藤陽成，酒井悠光，志村颯太，東澤知佳

【研究題目】最新IoT技術を取り入れた農業への試み

1. 課題解決策の要約

富山県では、農業従事者の減少など様々な課題がある。そこで、情報通信技術などを活用し、省力化・精密化や高品質化されたスマート農業に着目し、新たな農業形態を提案したいと考えた。そこで、農業の専門家へのヒアリング、デジタル技術や情報通信技術、ロボット技術を活用した装置の開発を実施した。本研究を通して、装置の作製に加え、未来の富山県の農業のあり方を提案する。

2. 調査研究の目的

農業は、私たち人間に欠かせない要素である衣食住の“食”を担う大事な産業である。しかし、近年の日本の農業は農業従事者の減少や高齢化など多くの課題を抱えており、食料生産が危険にさらされている。私たちは、今回のフィールドワークの活動を通して地域の方と協力し農業を活性化させたいと考えた。そこで本研究では、未来まで続く農業の創出を想定し、近年のデジタル技術、IoT技術を生かしたスマート農業の提案を目的とし活動を行った。さらに、薬都“富山”であるからこそその農業に貢献することも考え、活動を行った。

3. 調査研究の内容

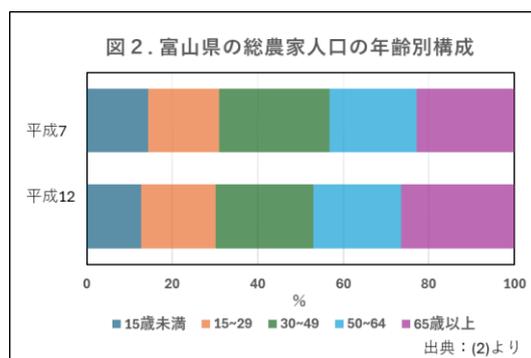
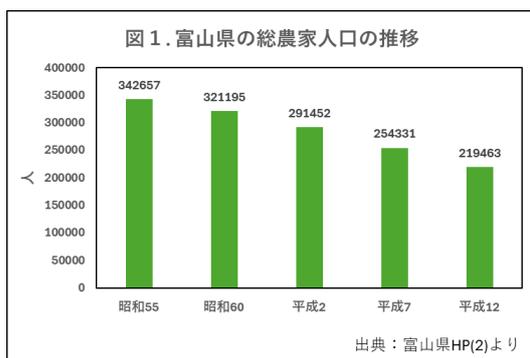
1) 農業に関する調査

はじめに、現在富山県が抱える農業の課題についてインターネット調査を行った。調査を通して農業は多くの課題を抱えていることが分かった。その中で私たちが注目したのは3つの課題である。

① 農業従事者の減少

農林水産省の調査資料の記載によると令和2年の日本の基幹的農業従事者は136万3千人であり、平成27年と比較して22%、平成17年と比較して39%減少した。⁽¹⁾ 富山県においても、図1のように減少傾向にある。

⁽²⁾主な原因は、図2の65歳以上の割合の増加からも分かるように農業従事者の高齢化と、担い手不足である。農業は作物を育てるノウハウと、長年の経験が必要である。ハードルの高さが、新規農業従事者の増加を妨げていると考えられる。



② 耕作放棄地の増加

①の農業従事者の減少により、耕作放棄地が増加している。⁽³⁾長期間にわたり耕作が放置されると、最悪の場合、農地が荒廃し食料生産用農地として機能しなくなることもある。また、農地は、農地の治水や環境システム維持、洪水を防止するダムの働きも担っている。そのため、放置されると自然環境や私たちの生活にも悪影響を及ぼす可能性がある。

③ 不安定な農作物の収穫と価格⁽⁴⁾

農作物の収穫や価格は、その年の気候や自然災害に大きく左右される。台風や地震などの自然災害が発生した年は、不作となり、収穫量、供給量が減り、価格が高騰する。逆に豊作の年は、収穫量が増え、供給量も増えるが、今度は逆に価格が下がる。消費者にとってはうれしいことだが、生産者にとっては、栽培した努力が報われにくい。気候変動に左右される不安定な収穫量は、生産者と消費者の両者に悪影響を及ぼす。また、不安定な農家の収益も、日本の農業の問題点の一つと言える。

以上、資料(1)～(4)にあげられていた、現在日本が抱える農業の問題点を3つ示した。それをもとに考察すると、この状況が続くと、農業に対する若者の興味関心が低くなり、担い手不足に繋がると考えられる。また、その影響により富山県の人口減少にも繋がると考えられる。

次に、調査結果をもとに、上記考察した日本が抱える農業問題の解決方法についてメンバーで話し合った。これらの問題を解決する上で、私たち工学部の専門性を生かし、工学技術の面で解決できる方法を開発したいと話し合った。

そこで、実際農業の現場で、何ができるのか、について、実際に工学技術を用いて植物を栽培している現場へ赴いて、ヒアリング調査を検討した。

2) 県内企業の植物工場への訪問とヒアリング

私たちは、最新の工学技術を活かした新しい農業の形を調査するために、県内高岡市にある東亜合成(株)が運営する植物工場を訪問した。植物工場の見学と社員の方へのヒアリングを行い、工場での植物栽培の実際について学ばせていただいた。

この植物工場では、主としてレタスなどの葉物野菜の完全閉鎖型水耕栽培を行っていた。完全閉鎖型とは、完全に閉鎖された屋内で植物を栽培することである。水耕栽培とは、土を使わず、水に栄養分を溶かし植物を栽培する方法である。完全閉鎖型水耕栽培では、LED照明で光を当てながら、肥料成分を含んだ培養液をポンプで灌流して育てるため、水量、光、湿度、温度を常に制御することが出来る。季節や気候に左右されず1年中安定して栽培が可能である。自然災害や気候の影響を受けることなく植物の栽培を行うことが出来るという点で、これは、農業の課題③の農作物の収穫の安定化、価格変動の解決に繋がると考えられる。また、クリーンな工場内での栽培なので、雑菌が少なく商品が長持ちするほか、虫の被害を受けずにきれいな状態で野菜を販売することができる。一方で、電気代がかかるという理由で販売価格が露地栽培に比べて割高になるという問題点がある。また、栽培スペースに限りがあり、露地栽培のような大きなレタスは作らない。その他、日光のように均等に光を照射することが難しいため、根が長い植物や、上に高く成長する植物には不向きである。

植物工場でのヒアリングを通し、いろいろな植物をIoT技術を搭載した自動灌流水耕栽培装置で栽培することが出来れば、誰でも簡単に気候に左右されない農業を行うことが出来ると考えた。また、付加価値のついた植物を栽培することで利益を得ることも出来るのではないかと考えた。



写真1. 植物工場へ訪問

3) 薬用植物栽培の専門家へヒアリング

付加価値のついた植物として、薬用植物がある。薬用植物は、加工され生薬となり最終的に漢方薬になる。最近では、漢方医学の科学的エビデンスの蓄積により、漢方方剤の需要が高まっていることから、薬用植物の需要も高まっているといえる。しかし、2013 年日本漢方生薬製剤協会の調査によると、生薬の国内生産は 12% であり、ほとんど中国からの輸入に頼っており、中国の自然災害や環境変化、国家政策などにより、日本への生薬の供給が左右される可能性がある⁽⁵⁾。日本の漢方医療に直結するため、この現状を解決するためには、国内の生薬生産を増加させることが重要である。

私たちは、農業で栽培する付加価値植物として原薬となる薬用植物に注目した。そこで、富山大学和漢医薬学総合研究所で薬用植物の多様性解析研究を行っておられる小松教授にヒアリングをした。小松教授は、ブランド生薬の開発を研究しておられ、水耕栽培での生産も検討しておられた。この研究が進めば、私たちが開発する装置を用いて、付加価値の高い薬用植物を工場生産できるのではないかと考えた。工場規模での水耕栽培は初期投資の費用が大きくすぐには採算を取ることが出来ない。しかし、富山ならではの薬用植物を生産できれば、付加価値が加わるほか、富山で農業、植物の工場生産に興味を持つ人が増えるのではないかと考えた。また、植物の組織培養を施すことにより、環境に適した苗を作ることができ、その苗を屋外で路地栽培することも可能である。この方式は、ハイブリッド培養と呼ぶそうである。このような研究が進めば、従来の作物に加え新たな植物の生産を行うことで、新規農業従事者の獲得も見込めると考えられる。



写真2. 富山大学和漢医薬研究所へのヒアリング(中央が小松教授)

4) デジタル IoT 農業技術の設計と試作

私たちは、植物工場と薬用植物栽培の専門家へのヒアリングを基に、デジタル技術を活用して、自動灌流水耕栽培装置を設計し試作することを目標にした。将来的には工場規模での運用が目標であるが、今回の実験段階では、実験室規模で装置を試作することにした。設計試作するにあたり、本体は既存の水耕栽培セットをもとにして、自動灌流装置を自作し付属させることで、水耕栽培の自動化を実現しようと考えた。

実験装置のセットアップ:

水耕栽培セット(グリーンファーム水耕栽培器 CUBE UH-CB01G1・ユーテック株式会社、大阪)を購入し、タイムラプス撮影用 PC、定置カメラ(Web camera を使用)を用いて定点観察システムをセットアップした。写真 3 に、実験のセットアップの様子を示す。



写真3. 定点カメラでの植物成長観察

水耕栽培実験:

まずは、既存の水耕栽培セットで植物がどのように育つのかを観察することにした。今回は種から発芽し、収穫が速いハツカダイコンで水耕栽培実験を行った。育成過程において、2日に1回の水やりと、週1回に肥料の入れ替えを行った。また、ウェブカメラを使用し、24時間の定点観察を行った。

実験結果: 植物の成長の様子を写真5に示す。



写真5. ハツカダイコンの成長の様子

考察:

既存栽培装置による栽培を通して、栽培装置の3つ問題点を発見した。

【問題①】水量調節が難しい: 24時間後では、水の変化があまり見られないが、48時間後には水がかなり減っていた。水耕栽培装置には浮きのような水面センサーがある。しかし、この方法では水量の上下を定期的に観察し、水やりを手作業で行う必要がある。この作業を自動で行うことが出来ればよいと考えた。

【問題②】夜間の照明が無く夜間観察が出来ない: 栽培実験では、観察記録として、定点カメラを設置し10分に1回植物の様子を撮影した。しかし、夜間は照明が暗転しているため記録が出来なかった。夜間の観察が可能になれば、夜間と日中の植物の成長の違いを観察できるだろう。

【問題③】温湿度が不明: 今回は7月～8月にかけて室温での実験を行った。夏場は、気温が高く水温の上昇による、酸素不足や雑菌の繁殖といった可能性がある。また、冬場に入ると気温が下がるので、育成に影響がある可能性がある。植物の栽培に最適な温度制御が必要と考えられる。

対策:

今回の実験で、以上の問題が分かった。そこで、これらの問題を解決するために、電子工作用マイコンボードである Arduino を用いて、水量や光の調節を行うことにした。以下、改良点である。

【改良①】自動灌流装置を搭載

既存装置と別にタンクに水をため、タンクと既存装置の水を灌流させる装置を試作した。水の出入りは、写真6のようなプログラムを自作し、設定時間ごとにポンプを稼働させ調節可能にした。

【改良②】夜間の照明を追加

夜間の撮影のタイミングにのみ照明をつけるためのプログラムを作成した。

また、植物工場でLED照明の色により植物の育成具合が異なることを学んだ。そこで、設置した照明の色を変更して、植物の育成を比較できるようにした。

【改良③】温湿度計を追加

植物工場では、温湿度を常に管理しているということを学んだ。そこで、温湿度センサーを設置し管理できるシステムを作成した。さらに、ヒーターデバイスを取り付け、温度の管理も可能にした。

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  digitalWrite(3,HIGH); // HIGH = 5V
  digitalWrite(6,HIGH); // HIGH = 5V
  delay(10000); // Water supply
  digitalWrite(3,LOW); // LOW = 0V
  digitalWrite(6,LOW); // LOW = 0V

  for(int i=0; i<5; i++)
  {
    Serial.println(i);
    delay(1000);
  }
}
```

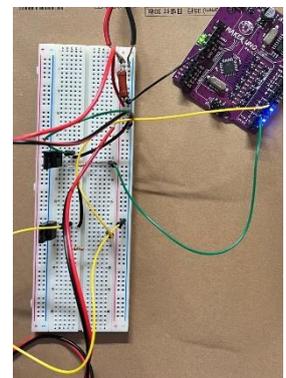
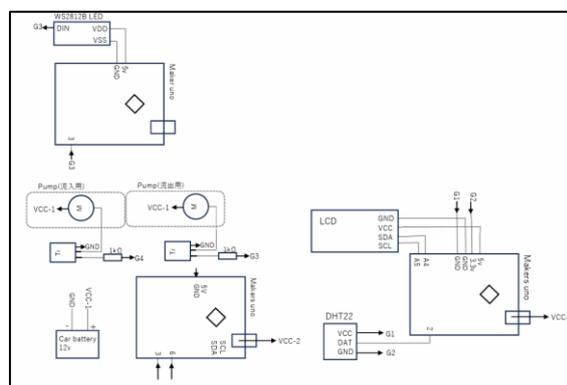


写真6. 自動灌流装置の作製

(左:作成したプログラム、中:作製した装置の回路図、右:作製したArduino回路)

4. 調査研究の成果

1) 自動灌流水耕栽培装置の作製

現段階で、改良①～③のシステムを構築し、装置を稼働するところまで完成した。完成した装置は以下の写真7である。現在、完成した装置を用いて植物を栽培している。今後は、既存の栽培装置を用いて対照実験を行い、生育に最適な温度や湿度、光の色などを検証していきたい。

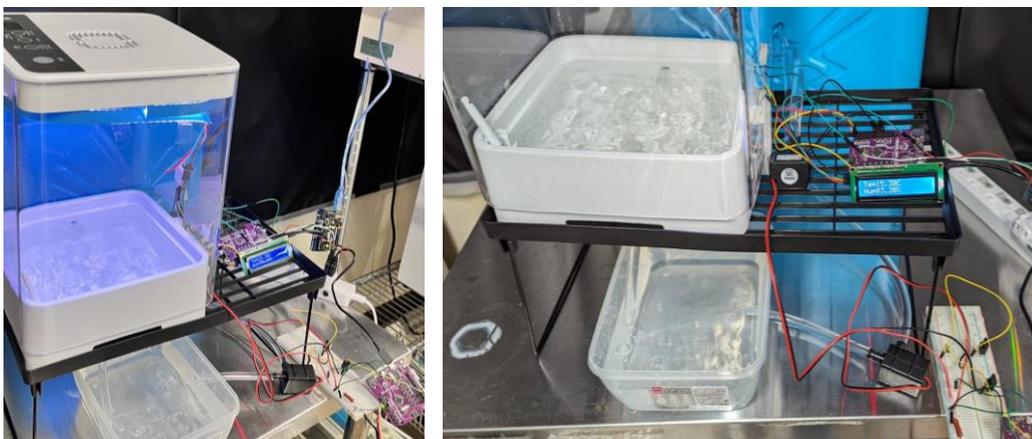


写真7. 自作した自動灌流装置

2) 植物工場へ装置の提案

本研究成果をまとめ、作製した装置を含めて、見学させていただいた植物工場の方に報告し、意見をいただく予定である。この報告は、2/5(月)に実施予定である。

5. 調査研究に基づく提言

- ①最新 IoT 技術を駆使した自動制御水耕栽培装置の推進
- ②遠隔農業の推進
- ③水耕栽培による薬用植物の栽培の推進

6. 課題解決策の自己評価

今回の調査研究を通して、富山県の農業関係者の方々と意見を交わし、農業の未来について考えることができた。また、現在の農業問題の具体的な解決策を考案し、活動を報告させていただいた。また、自分たちなりに装置を自作し、試作でき、いくつか提案させていただくことができた。しかし、本研究の目標として、開発した装置を現場に実装することや、新しい農業の形を若者へ発信したいという思いがあったが、この目標まで到達することができなかった点が残念である。

今後の展望としては、以下 2 点ある。

【展望①】作製した装置の実装と普及

作製した装置は、既存の水耕栽培装置を改良したものであり、サイズも小さい。これらを工場規模で実装させるために、いろいろご意見をいただいて、工場での実装や実用化を検討していきたい。また、農業を新しく始めてみたいと考える若者に、このような最新技術を用いて、よりわかりやすく簡単にできるようにした農業を提案し、私たちの装置のようなデジタル IoT 技術を活かした農業を始める人が増えたら良いと思われる。

【展望②】薬用植物の細胞培養と栽培

ヒアリングを通して、薬用植物は人間の健康にかかわるため、日本国内で安定的に生産され供給されるべきだと感じた。現状としては、薬用植物の栽培を行う農家は少ない。問題点としては、薬用植物は栽培期間が長いことや、水耕栽培に向かない根菜類が多いことが挙げられる。また、品質保証も必要になる。私たちは、栽培期間の問題や品質保証については、水耕栽培装置で栽培条件のコントロールを行うことで解決できるのではないかと考える。このような技術開発と技術導入と事業化が進めば、富山県と言えば、“薬”というイメージの強化に繋がり、農業だけではなく富山県全体の産業発展に貢献できるだろう。

謝辞

調査に先立ち、調査にご協力いただいた東亜合成株式会社・植物工場の皆様、富山大学和漢医薬総合研究所の小松かつ子名誉教授と研究員の皆様、指導教員としてご指導くださった中村真人教授、農家の立場からのご意見や実際の回路作製に際して丁寧にご指導くださった富山大学工学部シニアアドバイザーの金沢工業大学名誉教授島田洋一先生に感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 農林水産省，“基幹的農業従事者“，
https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r3/r3_h/trend/part1/chap1/c1_1_01.html, (2024-1-25)
- (2) 富山県 HP，“農業人口・就業構造“
https://www.pref.toyama.jp/sections/1015/lib/nosen/_rep/report02.html#:~:text=%E8%BE%B2%E6%A5%AD%E5%BE%93%E4%BA%8B%E8%80%85%E3%81%AF%20124%2C987,18%2C401%E4%BA%BA%E3%81%A8%E3%81%A%E3%81%A3%E3%81%9F%E3%80%82,,, (2024-1-25)
- (3) 農林水産省，“耕作放棄地の現状と課題“，平成19年3月
https://www.maff.go.jp/j/study/nouti_seisaku/senmon_04/pdf/data6.pdf, (2024-1-30)
- (4) 農林水産省，“自然災害による農業関係の被害“
https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h26/h26_h/trend/part1/chap2/c2_1_07.html, (2024-1-30)
- (5) 日本漢方生薬製剤協会，“漢方製剤などの原料使用料及び生産国 “，
<https://www.nikkankyo.org/>, (2024-1-25)